

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Diplomová práce

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Koncepce automobilů a metoda LCA

Automobile concepts and LCA methode

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Vladimír Lapčík, CSc.

Datum zadání:

31.10.2009

Datum odevzdání:

15.04.2010

Ostrava 2010

Jakub Wrzecionko

Zadání

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do výše jejich nákladů)

V Ostravě 15. 04.2010

.....

Jakub Wrzecionko

Konská 239

739 61 Třinec

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Prof. Ing. Vladimíra Lapčíka, CSc. a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis

Touto cestou bych rád poděkoval především panu Prof. Ing. Vladimíru Lapčíkovi, CSc. za odborné vedení při vypracování této diplomové práce a za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Janě Kodymové PhD. za odbornou pomoc a rady při vypracovávání LCA studie. Poděkovat bych chtěl také Autoservisu CZUDEK s.r.o za umožnění demontáže motoru pro získání dat ke studii LCA. A samozřejmě bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu a trpělivost při studiu.

JMÉNO

Jakub Wrzecionko

NÁZEV PRÁCE

Koncepce automobilů a metoda LCA

ABSTRAKT

Tato diplomová práce zpracovává problematiku koncepcí automobilů. V rešeršní části jsou popsány jednotlivé koncepce automobilů a to koncepce spalující alternativní paliva, elektromobily, hybridní automobily a elektromobily s palivovými články. Další část se věnuje interakci dopravy a životního prostředí. Zaměřuje se na emise z dopravy a jejich dopady, dále popisuje fyzikální působení dopravy na své okolí, věnuje se tedy hluku a vibracím. Nastiňují se zde i sociální aspekty dopravy. Poslední část je věnována aplikaci metody LCA na vybraný koncept, zde se jednalo o klasický koncept se spalovacím motorem, přesněji Škodu Favorit. Úvodem této části je představena metoda LCA, software SimaPro použitý k posouzení životního cyklu a samotný vůz Škoda Favorit. Další části jsou pak děleny dle normy ISO 14040 a 14044 na části stanovení cílů a rozsahů, inventarizaci (nazvaná Získávání dat ke studii), samotné analýzy LCA a konečné interpretace výsledků studie.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automobil, Koncepce automobilů, LCA, ISO 14040, ISO 14044, SimaPro, provoz

NAME

Jakub Wrzecionko

TITLE WORK

Automobile concepts and LCA method

ABSTRACT

This diploma work treated a question of automobile concepts. In literature retrieval are described single concepts of automobiles, more precisely concepts burning alternative fuels, electromobil (EVs), hybrid automobiles (HEVs) and electromobiles with fuel cells. Next part described interaction of traffic with environment. This part is aimed on emissions from traffic and its impact on environment, further physical action on environment is described here. Last part is devoted for application of LCA method on chosen concept of automobile, here it is classical concept, rather engine of Škoda Favorit. In introduction to this part is presented the LCA method, SimaPro software which was used for study of LCA and finally it is Škoda Favorit. Next parts are divided in order of ISO 14040 and 14044 norms, parts are called the goal and scope definition, inventory analysis (here called Acquisition of data for a study), LCA analysis and last part is interpretation of study results.

KEY WORDS

Automobile, automobile concept, LCA, ISO 14040, ISO 14044, SimaPro, traffic

OBSAH

1. ÚVOD.....	11
2. KONCEPCE AUTOMOBILŮ	12
2.1. KONCEPTY BEZ ÚPRAVY	12
2.1.1. Bionafta	13
2.1.2. Biopaliva na bázi alkoholů.....	13
2.1.2.1. Výroba metanolu a etanolu	14
2.2. KONCEPTY S MALOU ÚPRAVOU KONSTRUKCE.....	15
2.2.1. Vozidla spalující LPG, CNG	15
2.2.2. Automobily spalující vodík.....	17
2.2.2.1. Výroba Vodíku	17
2.3. SROVNÁNÍ PALIV	19
2.4. KONSTRUKČNĚ ZCELA NOVÉ KONCEPTY.....	21
2.4.1. Automobily s hybridním pohonem.....	21
2.4.2. Elektromobily.....	23
2.4.2.1. Pohonná jednotka – elektromotor	24
2.4.2.2. Zdroje energie – Baterie.....	26
2.4.2.3. Superkondenzátory.....	28
2.4.3. Vozidla s palivovými články.....	28
2.4.3.1. Popis a charakteristika jednotlivých využitelných článků	30
3. ENVIRONMENTÁLNÍ A OSTATNÍ ASPEKTY KONCEPTŮ	39
3.1 INTERAKCE AUTOMOBILU A OVZDUŠÍ	39
3.1.1. Emise z dopravy v ČR.....	41
3.2. INTERAKCE DOPRAVY A PŮDY.....	42
3.2.1. Zábor půdy	43
3.2.2. Kontaminace půdy.....	44
3.3. INTERAKCE DOPRAVY A VODY	45
3.4. FYZIKÁLNÍ PŮSOBENÍ DOPRAVY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	46
3.5. SOCIÁLNÍ ASPEKTY SILNIČNÍ DOPRAVY.....	47
4. VÝBĚR KONCEPTU K POSUZOVÁNÍ	48
4.1. PŘEDSTAVENÍ METODY LCA.....	48
4.2. PŘEDSTAVENÍ PROGRAMU SIMAPRO.....	49
4.3. PŘEDSTAVENÍ POSUZOVANÉHO AUTOMOBILU	50
4.4. PROJEKT LCA – ŽIVOTNÍ CYKLUS ZÁŽEHOVÉHO MOTORU.....	51
4.5. DATA KE STUDII	52

4.5.1. Demontáž motoru	52
4.5.2. Data z databází a publikací.....	54
4.6. ANALÝZA LCA	57
4.6.1. Síť – zastoupí jednotlivých procesů	57
4.6.2. Charakterizace	58
4.6.3. Dopady	59
4.6.4. Normalizace	61
4.6.5. Vážení	62
4.6.6. Významnost jednotlivých procesů	64
4.7. INTERPRETACE	65
4.7.1. Úvod	65
4.7.2. Interpretace výstupu z programu SimaPro	66
5. ZÁVĚR	67
6. PŘÍLOHY.....	68
6.1. FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA – DEMONTÁŽ MOTORU.....	68
6.2. SÍŤ S NÍZKÝM CUT-OFF PROCENTEM	72
6.3. VÝVOJOVÝ DIGRAM ŽIVOTNÍHO CYKLU	72
7. POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA:	73
8. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	77
9. SEZNAM GRAFŮ.....	78
10. SEZNAM TABULEK	79
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	80

1. Úvod

Cílem této práce je ukázat možnosti aplikace metody LCA při posuzování koncepcí automobilů. Důvodem a impulsem, který mě vedl k tomu pokusit se toto téma zpracovat, byl zejména vzrůstající rozruch, který se nese světem okolo nových koncepcí automobilů. Zájem o tuto problematiku byl však o to větší, že i já sám jsem uživatelem automobilu a uvědomuji si značný negativní vliv automobilové dopravy na životní prostředí. Tento negativní vliv lidé pomalu, ale jistě začínají vnímat a automobilky na poptávku po „ekologických“ vozidlech pružně reagují. V dnešní době prakticky každá větší automobilka vyvíjí novou koncepci automobilu, který bude šetrnější k životnímu prostředí. Jedná se o celou řadu koncepcí více či méně perspektivních. V největší míře však dochází k vývoji a představování automobilu spalujících alternativní paliva, elektromobilů a elektromobilů s palivovými články, z toho důvodu je na ně také zaměřena řešeršní část této práce.

Avšak i přes očividný nástup nových koncepčních řešení automobilů je jejich počet mezi lidmi stále zanedbatelný. Některé koncepce jsou dokonce zatím stále ve fázi testů, proto je velmi problematické ohodnotit dopady jednotlivých konceptů při masovějším rozšíření. Právě metoda LCA by v tomto směru mohla být velmi přínosná, jelikož může být využita při studiu životního cyklu a ohodnocení jeho jednotlivých částí. Další přínos spočívá v možnosti studia životního cyklu z různých pohledů a nalezení optimální cesty. Metoda LCA je stále se vyvíjející nástroj, jehož aplikovatelnost bude samozřejmě záležet na jeho vývoji, který bude vyžadovat především věrohodná - pravdivá vstupní data z široké škály oborů podílejících se na výrobě předmětu posuzování.

LCA jako takové je však pouhým nástrojem, který nám může poskytnout podklady pro správné rozhodnutí. Avšak bude záležet stále na mnoha faktorech, jestli toto rozhodnutí učiníme nebo ne.

2. Koncepce automobilů

Automobilismus jako takový je již více než sto let spojen s moderní civilizací a zejména z tohoto důvodu je těžké ho od ní oddělit. Většina lidí si již bez automobilu, nebo jiných dopravních prostředků nedokáže představit svět. Dle některých radikálních názorů by kompletní odstavení veškerých automobilů a k nim navazujícího průmyslu přineslo jen environmentální pozitiva. I pokud bychom přijali bez kritiky tuto myšlenku, zbývá nám zde stále hledisko sociální a ekonomické. V rámci těchto hledisek a udržitelného rozvoje by nejspíš došlo ke kolapsu systému, jelikož automobilismus se všemi svými přidruženými činnostmi je s ekonomickou a sociální sférou světa velmi hluboce spojen.

Z toho důvodu se tato cesta jeví jako špatná, a proto bychom se měli zaměřit na možnosti jak co nejvíce minimalizovat dopady automobilismu na životní prostředí, aniž bychom ohrožovali ekonomické a sociální zisky tohoto širokého odvětví. Toto nám mohou umožnit právě nové koncepty automobilů, které jsou v dnešní době usilovně vyvíjeny téměř všemi automobilkami světa. Bohužel ač různé koncepční alternativy dnes již existují, jejich výskyt je stále spíše výjimkou než pravidlem. V tomto budou rozhodovat zejména lidé, moderní a vzdělaní spotřebitelé, kteří si nové automobily šetrnější k životnímu prostředí na výrobcích vynutí.

Koncepty můžeme dělit z mnoha pohledů, já jsem si zvolil následující dělení [1]:

- 1) Koncepty bez úpravy konstrukce (využití alternativních paliv)
- 2) Koncepty s malou úpravou konstrukce (přestavba na LPG, CNG, vodík)
- 3) Konstrukčně zcela nové koncepty (elektromobily, hybridy atd..)

2.1. Koncepty bez úpravy

Zde se jedná v podstatě o klasické koncepty automobilů se spalovacími motory, u nichž nedošlo k žádné úpravě, či jen k úpravě nepatrné z pohledu konstrukce. Z tohoto důvodu se zde nevěnuji principům a fungování jednotlivých spalovacích motorů, ale zaměřuji se na alternativní paliva, která mohou být využita jako náhrada stávajících fosilních paliv.

Pro neupravené spalovací motory jsou primární alternativou tzv. „biopaliva“, tedy paliva vyrobená z rostlin či rostlinných nebo živočišných zbytků. Kvašením můžeme získat etanol (líh) [2]. Paliva je možné získat také úpravou rostlinných olejů, případně i použitých. Další možností je získávání biopaliv z plynu vzniklého zplyňováním biomasy. (EN články o palivech). Tedy v podstatě můžeme biopaliva rozdělit [1]:

1. Bionafta
2. Biopaliva na bázi alkoholů
3. Bioplyny

2.1.1. Bionafta

Bionafta vzniká rafinačním procesem zvaným transesterifikace z rostlinných olejů. Tímto procesem vzniká metylester mastných kyselin (FAME – Fatty Acid Methyl Ester). V České republice je výhradně využíván methylester kyselin řepkového oleje (MEŘO - RME). [2]. Bionaftu rozlišujeme [3]:

1. **První generace** – vlastnosti jsou formulovány v normě ČSN 65 6507: MEŘO
2. **Druhé generace** - vlastnosti jsou formulovány v normě ČSN 65 6508, musí splňovat 90% biologickou odbouratelnost během 21 dní.

2.1.2. Biopaliva na bázi alkoholů

Etanol – (ethylalkohol) jedná se o jedno z nejstarších alternativních paliv. V malých množstvích není pro člověka na rozdíl od metanolu toxické. Největší zkušenosti s využíváním etanolu v dopravě mají Brazílie a USA. Jejich poznatky ukazují mnohé výhody, kdy jednou z hlavních výhod je univerzálnost etanolu jakožto suroviny. [3]

Nevýhody:

- Způsobuje rychlejší korozi vnitřních dílů motoru
- Horší startovatelnost za nízkých teplot (etanol má o 225°C vyšší zápalnou teplotu než benzín)

- Nižší výhřevnost a s tím spojena i vyšší spotřeba
- Vyšší produkce aldehydů

Výhody:

- Je lépe spalován než benzín
- Zaručuje vyšší výkon motoru a nižší emise
- Snižuje závislost států na ropě

Metanol – (methylakohol) jedná se o látku toxickou pro člověka. V dnešní době má velký význam pro dopravu, v minulosti byl získáván jako vedlejší produkt z výroby dřevěného uhlí. Největší producenti jsou Brazílie, Švédsko a USA [3].

Nevýhody:

- Toxicita pro lidský organismus
- Zrychluje korozi kovových dílů motoru a degraduje plastové části
- Nižší energetická hustota než u nafty, vyšší spotřeba
- Vyšší výrobní cena než u benzínu

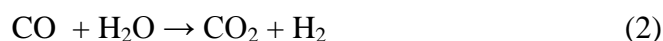
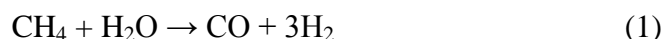
Výhody:

- Zvládnuté technologie výroby
- Levnější než benzín
- Bezpečnější manipulace než u benzínu
- Vyšší oktanové číslo než benzín

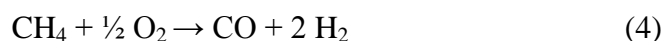
2.1.2.1. Výroba metanolu a etanolu

Obě paliva je možno vyrábět z biomasy. Metanol je navíc možné vyrábět i ze zemního plynu, kdy výroba je asi o polovinu levnější než výroba z biomasy. [3]

- 1) **Výroba metanolu** - vyrábí se buď ze zemního plynu, případně ze zplyněné biomasy parním reformingem [2]:



Nebo je možno použít částečné spalování, kdy vzniká metanol, formaldehyd a další kyslíkaté sloučeniny. Tento způsob se nazývá parciální oxidace [2]:



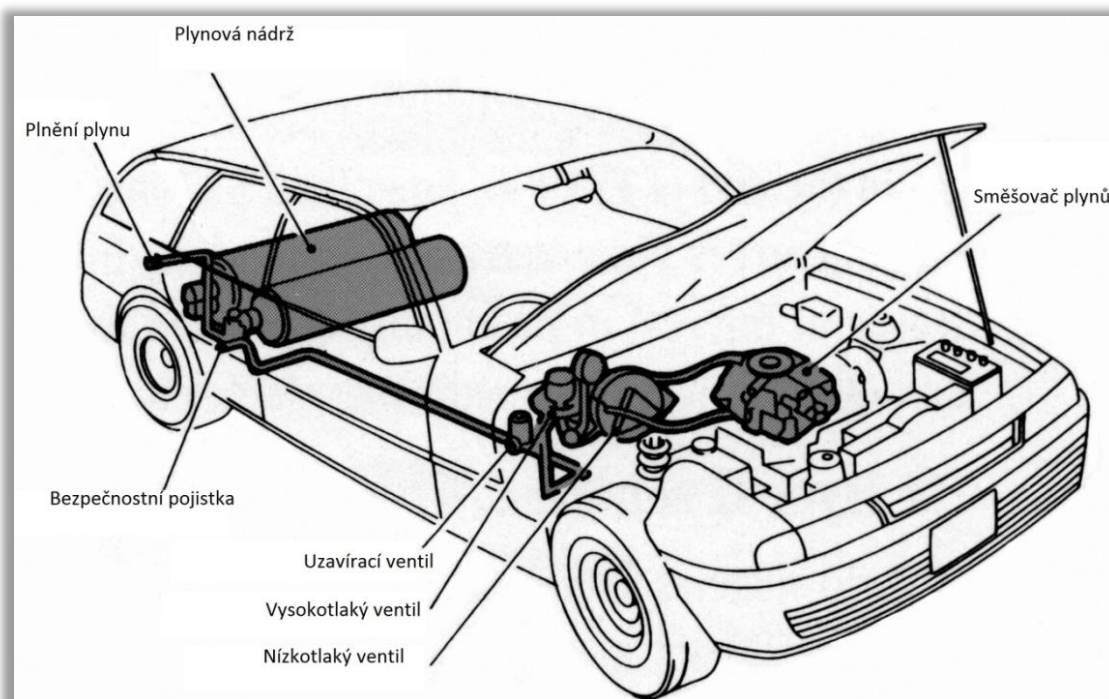
2) Výroba etanolu – se vyrábí fermentací z vhodných surovin jako kukuřice, cukrová třtina, cukrová řepa atd. Kdy po 30 minutách dostáváme kaši s 10% alkoholu, z níž pak můžeme destilací získat kapalné palivo pro spalovací motory [3]. Problémem je však přibližně 4% obsah vody, proto je vhodnější využít ho k výrobě etyltercbutyléter ETBE. Vzniká reakcí bio líhu s isobutanem, přičemž produkt obsahuje 47% bio líhu. [2]

2.2. Koncepty s malou úpravou konstrukce

Do této skupiny spadají různé přestavby stávajících spalovacích motorů na alternativní paliva jako je LPG, CNG nebo vodík. Většina automobilek má již v dnešní době automobil na LPG či CNG. Jinak je tomu s vodíkem, kde chybí jak síť čerpacích stanic, tak sále ještě se vyvíjející technologie.

2.2.1. Vozidla spalující LPG, CNG

Jedná se o recepty speciálně upravené tak, aby mohly využívat jako palivo LPG či CNG. Výhodou kromě nižší ceny ujetého kilometru je i nižší emisní zátěž spojená s těmito palivy.



Obrázek 1 Jednotlivé díly přestavby a jejich umístění v automobilu.[4]

Obrázek znázorňuje jednu z nejjednodušších možností. *Nádrž* slouží ke skladování zkapalněného plynu pod tlakem, existují válcové či toroidní. Na nádrži bývá umístěn *víceúčelový ventil* integrující plnění nádrže, vyprazdňování a ochranu, nebývá však u nádrží na CNG. Další bývá *plynotěsná skříň* (která opět není u CNG verze) a slouží k odvětrání plynu z nádrže pod vůz. *Ventily* slouží ke změně provozu na plynné nebo kapalné palivo, změna je řízena řídicí jednotkou (ECU). *Směšovač* pak slouží k smíšení plynu se vzduchem a vytvoření optimální směsi před vstřikem [5].

LPG (Liquified Petroleum Gas) – jedná se o směs propanu a butanu. Zkapalňuje se stlačením nad 1,5 MPa nebo ochlazením. Za normálních podmínek je v plynném stavu. Jedná se o produkt vzniklý rafinací ropy, proto se spíše uvažuje do budoucna se zemním plynem [5].

CNG (Compressed Natural Gas) – jedná se o stlačený zemní plyn, tedy o fosilní plynné palivo. Výhodou jsou zejména nižší emise, předpokládané větší zásoby a také cena. [6]

2.2.2. Automobily spalující vodík

U tohoto konceptu je vodík na rozdíl od palivových článků spalován přímo. Spalování probíhá s přebytkem vzduchu a motor je bez jakéhokoliv přídavného zařízení schopen snížit emise o 99,9% [3]. Dále se budu věnovat, spíše než samotným diferencím vodíkového spalovacího motoru, výrobě vodíku, který se zdá být v mnohém strategickou surovinou budoucnosti.

2.2.2.1. Výroba Vodíku

Hlavními důvody pro získávání vodíku jsou jeho ohromné zdroje v přírodě, emise v podobě vodní páry nebo vody a *vysoká výhřevnost 120600 kJ / Kg* [7]. Ač je vodík jako takový velmi příznivým palivem vzhledem k emisní skladbě a úrovni jím produkované, musíme však přihlížet také ke způsobu výroby vodíku jako paliva, který již nemusí být tak environmentálně šetrný.

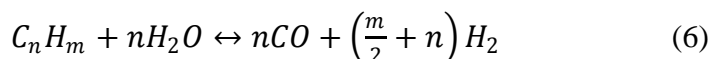
Produkce vodíku z fosilních paliv

Vodík můžeme získat v podstatě z *jakéhokoliv uhlovodíku*, přičemž v dnešní době majoritní procento vodíku využívaného v průmyslu je vyráběno ze zemního plynu a ropy. V podstatě je však možné vyrobit vodík z jakéhokoliv uhlovodíku, tedy k jeho výrobě je možno použít [8]:

- Uhlí
- Metan
- Biomasa
- Ropa

Nejpoužívanější metodou k získávání vodíku z fosilních paliv (respektive plynů) je parní reforming. Jedná se o reakci uhlovodíku s párou. Pára mívá teplotu 700 - 1100°C, této teploty je dosaženo většinou spálením části paliva, přičemž nejpoužívanějším palivem je zemní plyn [8].

Obecná reakce uhlovodíku s párou [8].



Výroba vodíku elektrolyticky

Jedná se zde o výrobu vodíku jednoho z *největších zdrojů na světě*. S elektrolýzou můžeme počítat jako s jedním z nejperspektivnějších způsobů výroby vodíku, avšak jeho energetická bilance je záporná. Účinnost elektrolýzy se pohybuje okolo 60 až 90%, přičemž pokud do energetické bilance zahrneme odsolování vody, sníží se na cca 50%. [7]

Při elektrolýze se používá mnoho technologických řešení, avšak princip je stále stejný. Při průchodu proudu vodu dochází k uvolňování kyslíku na anodě, a vodíku na katodě, kdy její intenzita závisí na velikosti elektrického napětí. [8]

Základní rovnice:



Biologická produkce vodíku

Jedná se o biologicky založené produkční systémy. Většina v dnešní době známých způsobů získávání vodíku biologickou cestou je stále ve *stádiu vývoje*. Metody můžeme rozdělit [9]:

1. Fotosyntéza – využívají se zde jednobuněčné organismy, které využívají hydrogenálních reakčních procesů
2. Fermentace – využívají se zde bakterie schopné bez přístupu kyslíku produkovat vodík
3. Postupný proces – využívající digesce organického materiálu a organismů schopných z tohoto materiálu produkovat vodík.

Velkou výhodou těchto procesů je zejména fakt, že se jedná o produkci vodíku z obnovitelných zdrojů. V případě pokroku ve vývoji těchto metod by se mohlo jednat o účinnou alternativu produkce vodíku k výše zmíněným metodám.

Skladování vodíku

Transport vodíku z výroby k distribučním či plnicím zařízením je v dnešní době již v podstatě dobře zvládnutý. Provádí se při tlaku cca 5 MPa, největším rizikem zde jsou havárie. Jiným problémem je převoz malého množství vodíku v automobilech. Zde se uvažuje zejména s následujícími možnostmi [7]:

1. Talkové nádoby – kdy při tlaku 34 MPa má vodík hustotu 0.182 Kg/dm^3
2. Nádoby s kapalným vodíkem – teplota je -253°C , tlak je 0,5 až 1 MPa přičemž hustota je $0,07 \text{ Kg/dm}^3$
3. Převoz ve formě hydridu kovů – kdy se využívá vlastnosti uvolňovat při zahřátí vázaný vodík.
4. Využití nádob s nanovláknem – nanovlákn je schopno absorbovat až o 20% více vodíku než je jeho vlastní hmotnost.

Veškeré uvedené postupy jsou ve fázi vývoje, účinnost se pohybuje okolo 70 - 80%. Nejperspektivněji se zde jeví možnost transportu v tlakových nádobách. [7]

Infrastruktura

Kromě vlastností paliv a možností jejich transportu a skladování bude mít velký vliv také budování infrastruktury. Bude zde velmi podstatné, zdali bude možno pro palivo využít stávající infrastruktury, případně s drobnými úpravami, nebo bude potřeba vybudovat infrastrukturu zcela novou.

Co se týče alternativních paliv tak nejlépe je na tom v ČR síť čerpacích stanic s LPG. U které můžeme říct, že se čerpací stanice nachází v podstatě v každém větším městě

2.3. Srovnání paliv

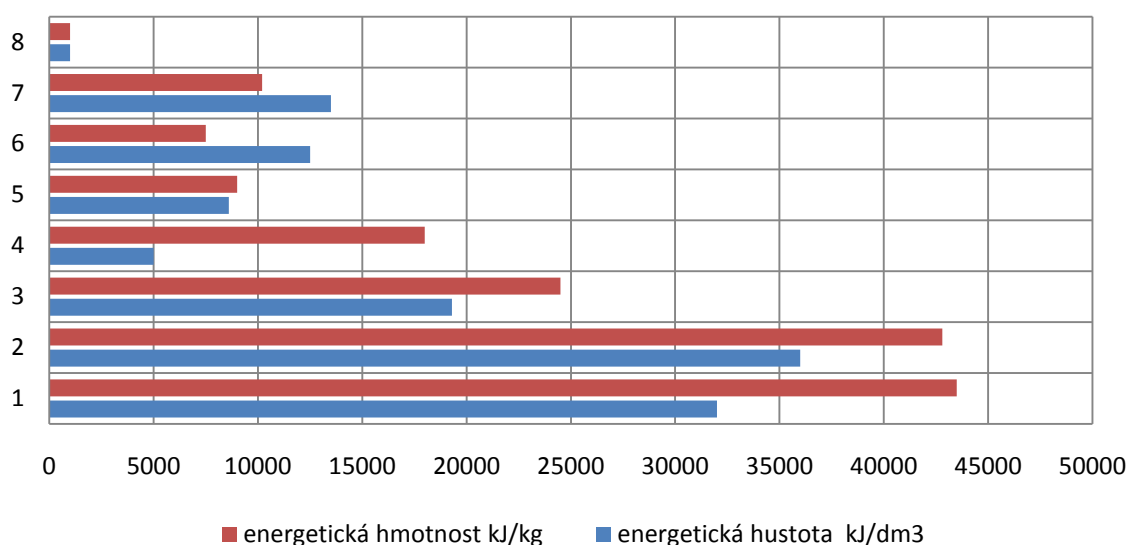
Paliva můžeme hodnotit z mnoha pohledu. Jedním jsou environmentální dopady spotřeby a výroby paliva, dalším jsou možnosti distribuce a transportu, a neméně důležitým při hodnocení je energetická hustota paliva. Energetická hustota paliva nám v podstatě udává, kolik energie jsem schopni z paliva dostat, avšak je značně omezena účinností agregátu, v němž palivo využijeme. U spalovacího motoru se pohybuje okolo 45%, u elek-

tromotoru pak okolo 65-85% [7]. U elektromotorů pak samozřejmě musíme uvažovat, že celková účinnost bude dána celou soustavou, ať se jedná o soustavu palivový článek-elektromotor či baterie-elektromotor, bude se zde započítávat jak účinnost zdroje energie, tak i účinnost způsobu přepravy vodíku. Podobně musíme uvažovat i u spalovacích motorů, kdy se liší jeho účinnost ve městě a mimo město.

Tabulka 1 - Energetická hustota a hmotnost vybraných zdrojů energie [7]

#	Palivo	energetická hustota kJ/dm ³	energetická hmotnost kJ/kg	CO ₂ g/MJ
1	benzín	32000	43500	100 (při spálení 72)
2	nafta	36000	42800	74 (při spálení)
3	metanol	19300	24500	720 (při průmyslovém zpracování - při spálení 58)
4	vodík v kapalném stavu	5000	18000	0-720 (podle způsobu výroby)
5	vodík v tlakové nádobě 34 MPa	8600	9000	-II-
6	vodík v hydridu lehkého kovu	12500	7500	-II-
7	superkondenzátor	13500	10200	
8	Akumulátor Na-S	1000	1000	0-500 (podle druhu výroby el. energie)

Graf 1 - Srovnání energetické hustoty a hmotnosti vybraných zdrojů energie



Z tabulky a grafu vyplývá, že vzhledem k energetické hustotě jsou stále fosilní paliva jedním z velmi perspektivních nosičů energie. Metanol se jeví v rámci energetické hustoty jako velmi perspektivní, avšak při jeho výrobě vzniká velké množství CO_2 . Pouze v případě, že bychom vyráběli metanol z obnovitelných zdrojů, minimalizovali bychom emise CO_2 .

2.4. Konstrukčně zcela nové koncepty

2.4.1. Automobily s hybridním pohonem

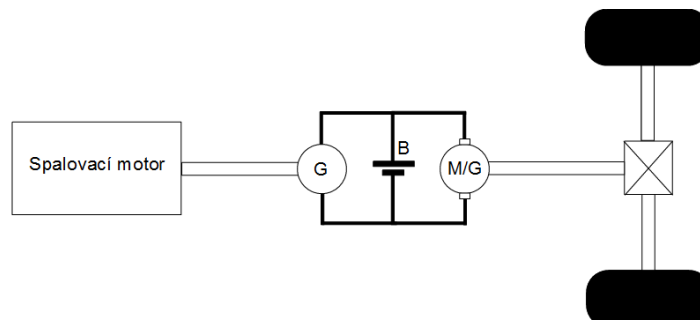
Hybridní pohon je pohon, v němž je využíváno více pohánějících zdrojů. Jako ne-perspektivnější se ukazuje kombinace spalovací motor a elektromotor. Elektromotor nám zajišťuje bezemisní provoz v centrech měst a spalovací motor nám naopak zajišťuje dostatečný dojezd, jelikož právě s dojezdem mají klasické elektromobily největší problém. Jedním z největších problémů u hybridních pohonů je omezená životnost baterie jakožto zásobníku energie pro elektromotor. Hybridní pohony můžeme rozdělit podle několika hledisek. Podle využití elektromotoru k pohonu vozidla je můžeme rozdělit na:

- 1) **Mild hybridy** – mnoha odborníky není považován za plnohodnotný hybrid, jelikož vozidlo není schopno provozu pouze na elektromotor. Elektromotor se využívá jen v určitých případech, jako prudká akcelerace, rozjíždění. Dochází zde k minimálním úsporám na palivu i emisích. [10]
- 2) **Full hybrid** – u tohoto konceptu je už možný zcela samostatný provoz na elektromotor nebo spalovací motor, přičemž moderní automobily umožňují několik různých kombinací obou pohonů, podle vhodnosti v dané situaci. Nejznámějším zástupcem full-hybridu je Toyota Prius [1],[21]. Anglicky jsou tyto hybridní vozidla označována jako hybrid electric vehicles (HEVs).

Podle uspořádání můžeme hybridní pohon rozdělit na :

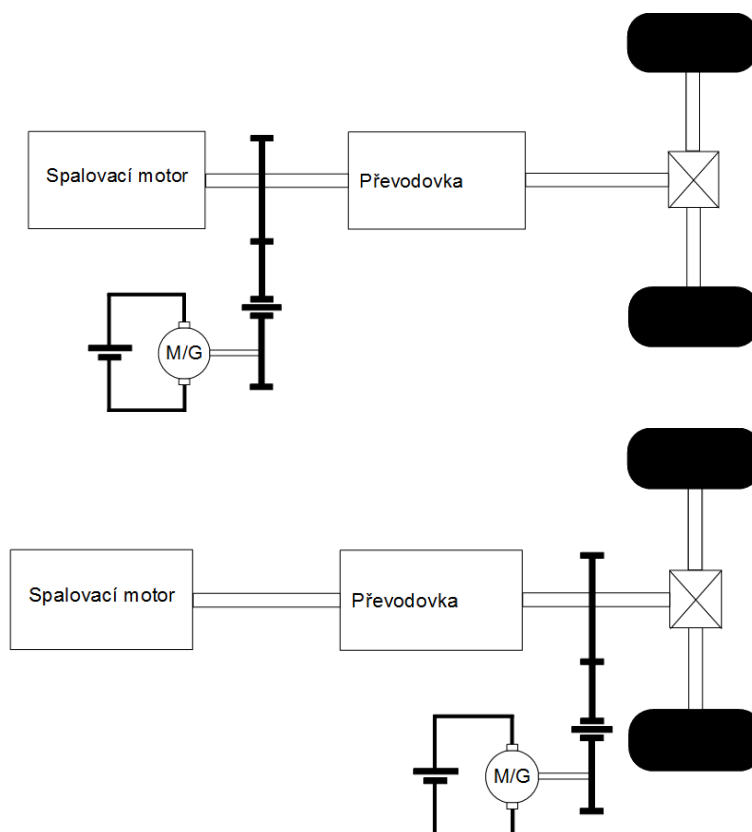
- 1) **Sériové uspořádání** – pohon je zde řešen výhradně elektromotorem, který může fungovat také jako generátor. Dalším zdrojem energie je zde spalovací motor, který je napojen na generátor. V tomto uspořádání není potřeba měnit otáčky motoru

v širokém rozsahu, případně je možné, aby motor běžel stabilně při jedné otáčkách. Tímto odpadají neekonomické režimy motoru, ale bohužel vzhledem k uspořádání účinnosti tohoto rozložení nepřesahuje 55%. [11]



Obrázek 2 - schéma sériového hybridu [11]

- 2) **Paralelní uspořádání** - jedná se o pohon, kdy máme paralelně ke spalovacímu motoru zařazen elektromotor. Toto uspořádání můžeme rozdělit na jedno či dvouhřídelové. Přičemž elektromotor může být umístěn před nebo za převodovkou spalovacího motoru.



Obrázek 3 Dvě možnosti konstrukce paralelního hybridu [11]

Toto jsou základní uspořádání hybridního pohonu, existují však ještě přechodové koncepce, které jsou někde mezi čistými elektromobily či elektromobily s palivovými články.

Plug-in hybrid – anglicky nazývané jako *Plug-in hybrid electric vehicles* (PHEVs). Jedná se o full-hybrid se všemi jeho výhodami, jediným rozdílem je zde možnost přímého dobíjení z externího zdroje.[12] Výhoda tedy spočívá v možnosti prvotní jízdy na baterie, aniž bychom museli vozidlo odstavit s nabitými bateriemi. Z toho vyplývá také možnost dobíjení automobilu v domácím prostředí vhodným dobíjecím zařízením.

K uchování energie jsou zde využívány klasické nejen baterie, ale i ultrakapacitory případně obnovitelné palivové články. Požadavek na zdroje energie z pohledu jejich životnosti v Plug-in hybridu jsou následující [12]:

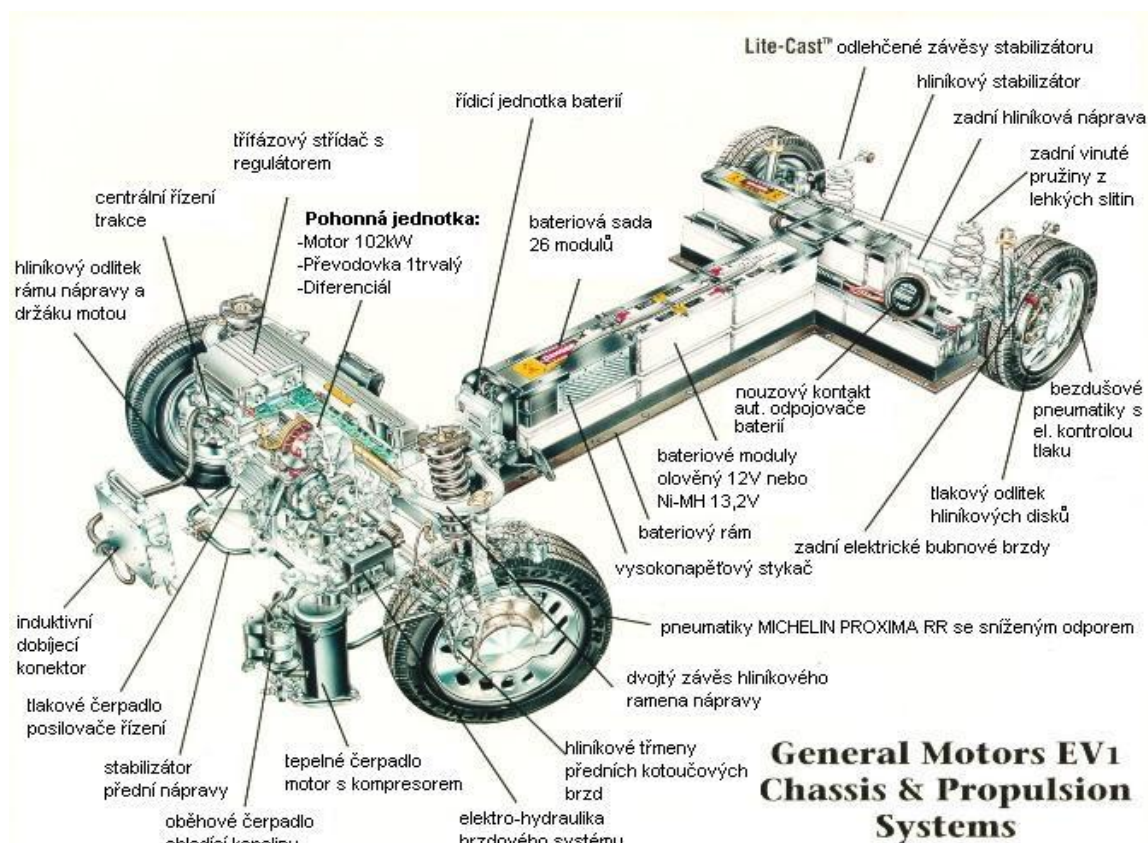
- 1) 161 000 – 210 000 Km
- 2) Více než 10let
- 3) Více než 2400 nabíjecích cyklů

Plug-in hybridy mají svůj potenciál a při masovějším rozšíření bychom se mohli dočkat i značného zlepšení imisní situace v městských aglomeracích. Problémem zůstává jen distribuční síť, která by nemusela masový nárůst vydržet. V rámci ČR se tímto problémem zabývá projekt podniku ČEZ Future motion, který v sobě zahrnuje i elektromobily a dobíjecí infrastrukturu. [13]

2.4.2. Elektromobily

Je to jeden z dalších, téměř bezemisních konceptů, kdy je pohonnou jednotkou elektromotor a energie je dodávána z baterií. Díky nízkým emisím, nízké hlukové zátěži můžeme tato vozidla považovat za dobré řešení městské a příměstské dopravy. Pro delší vzdálenosti je zde limitující kapacita baterií, která klasický koncept elektromobilu znevýhodňuje v delších trasách. A však v případě dobrého pokrytí dobíjecí infrastruktury by právě v městských oblastech, kdy rozměry městských aglomerací nejsou větší jak 50 km, má své opodstatnění [11]. Níže je uvedeno schéma v USA sériově vyráběného elektromobilu, který byl však z prodeje stažen. Stažen však nebyl z důvodu konstrukčních chyb, nýbrž z důvodu nezájmu spotřebitelů. O této situaci byl natočen i dokumentární film s názvem

„Kdo zabil elektromobil“ (v anglickém originále “Who killed the electric car“). Pokud pomineme polemiku o ropné loby, dostaneme se k problému akceptability elektromobilu spotřebitelem, která je závislá na mnoha faktorech přičemž rozhodující je cena provozu a pořízení.



Obrázek 4 řešení pohonu u seriově vyráběného elektromobilu GM EV1 [14]

2.4.2.1. Pohonná jednotka – elektromotor

Stejnoseměrný motor s cizím buzením - jedná se o motor již déle používaný u elektrických vozidel a to zejména díky jednoduché regulaci otáček a vhodné tahové charakteristice. Podle zapojení kotvy, zde rozlišuje sériový či paralelní elektromotor. U vozidel se využívá zejména paralelní, jelikož jeho charakteristika točivého momentu je vhodnější.

Tyto motory jsou konstrukčně dokonalejší, jednoduché na regulaci a cenově výhodné. Nevýhodou u nich však je omezená obvodová rychlost, nutná údržba kartáčů a komutátorů a nižší výkonová hustota než u střídavých motorů [11]

Stejnoseměrné motory bez kartáčů – u tohoto motoru se vinutí nachází ve statoru a permanentní magnety v rotoru. Stavbou je tedy podobný střídavému synchronnímu motoru.

Střídavé motory – jsou to motory, u kterých odpadá vinutí kotvy a kolektoru. Existují *synchronní* a *asynchronní* motory, které se dělí podle otáčení s točivým polem. Problémem u střídavých motorů je potřeba přeměnit stejnosměrný proud z baterie na střídavý, čehož se dosahuje cyklickým zapínáním tyristorů. Speciálním případem střídavého motoru je *transversální* motor.

Střídavé motory můžeme shrnout jako motory s vysokým stupněm vývoje, kompaktní a robustní stavbou, vysokými otáčkami (až 15000 min^{-1}), vysokou účinností avšak vyšší cenou způsobenou nákladným řízením motoru. [11]

Řízený reluktantní motor – je založen na technologii krokového motoru, kdy se jeho nerovnoměrný chod odstraňuje vhodným řízením. Nemá budící vinutí, rotor je z měkkého kovu s pólovými nadstavci ve tvaru ozubeného kola. Jeho rozběh probíhá asynchronně, v provozu však běží synchronně.

Výhodou je vysoký točivý moment, malý ohřev, vysoká účinnost a nízká cena. Problémy mohou být s nerovnoměrností točivého momentu a se zvýšeným hlukem. [11]

Tabulka 2 - Srovnání jednotlivých motorů (1-nejhorší 10-nejlepší) [11]

Motor	Cena	Účinnost	Hmotnost	Výkon	Přetížitelnost	Spolehlivost	Stav vývoje
Stejnoseměrný	10	7	6	10	10	7	10
Asynchronní	8	8	6	9	10	9	9
Synchronní	8	10	7	10	10	9	8
Synchronní perm. buzení	7	10	8	8	10	10	7
Přepínatelný reluktantní	9	6	7	4	10	9	5
Magnetický (M-M)	8	10	10	8	9	10	8

V tabulce jsou výsledky z výzkumu FAT, z nichž je patrné, že všechny motory jsou vhodné pro pohon elektromobilů. Zvláště vhodné se vzhledem k výsledkům jeví zejména motory synchronní.

2.4.2.2. Zdroje energie – Baterie

Důležitými parametry baterií, jejichž použití předpokládáme, u elektromobilů jsou [3]:

- 1) **Měrná energie** – jedná se o vztah hmotnosti a energie, které je možné v baterii „skladovat“ [$\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$].
- 2) **Měrný výkon** – jedná se o výkonnostní zatížitelnost baterie vztaženou k její hmotnosti [$\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$].
- 3) **Nabíjecí doba** – nabíjení probíhá v krátkých pulsech vysokými proudy. Nejdůležitější hodnotou zde právě čas, za který je možné akumulátor nabít.
- 4) **Životnost** – určuje počet kilometrů, které je možno na akumulátor najet celkově. Omezenou údržbou a způsobem nabíjení/vybíjení.
- 5) **Cena** – důležitý faktor, zejména z důvodu finální ceny elektromobilu/hybridu u spotřebitele. Rozhodují zde i ostatní faktory.
- 6) **Recyklace** – možnosti šetrného odstranění akumulátoru po konci jeho životního cyklu. Mělo by být známo už v době uvedení na trh.

Využitelné akumulátory

- 1) **Olověný akumulátor** – kladná elektroda z oxidu olovičitého, záporná z porézního olova. Napětí jednoho článku je 2V. Životnost je přibližně 700 cyklu nebo 4 roky, nabíjení trvá přibližně 2 hodiny. Moderní spirálové články mohou mít až 3krát větší životnost. Nabíjeny mohou být proudem až 100A při 14,4V, což zkracuje nabíjení až na 1 hodinu [3].
- 2) **Akumulátor sodík-síra, niklchlorid** – jedná se o tzv. ZEBRA-baterie (Zero Emission battery). U Na-S i Na-Ni-Cl systému se jedná stále o baterie v prototypové fázi vývoje [11]. Elektrody jsou tekuté a elektrolytem je Oxid hlinitý (AlO). Pracovní teplota je 380°C. Účinnost pak přes 88%, dojezd na 10kWh je přibližně 100 km, na udržení pracovní teploty přitom baterie spotřebuje 10% energie [3]. Nevýhodu je

právě potřeba udržovat pracovní teplotu a relativně malá životnost vzhledem k ceně.

- 3) **Akumulátor Nikl-Kadmium (Ni-Cd)** – jedná se o bezúdržbové akumulátory s velkou životností (až 10 let nebo 2000 cyklů). Anoda je zde hydroxidu hliníku, katoda pak z hydroxidu kademnatého. Obě mají vláknovitou strukturu obsahující nikl. Jako elektrolyt je v něm použit Vodný roztok hydroxidu draselného. Dojezd s těmito akumulátory je asi o 50% větší než s olověnými. [11],[3]
- 4) **Akumulátory nikl-hydridové (Ni-MH)** – jedná se o články podobné Ni-Cd článkům avšak s tím rozdílem, že neobsahují kadmium, čímž jsou šetrnější k životnímu prostředí. Katoda je zde vyrobena ze slitiny lanthanu, kobaltu, hliníku a manganu. Problémem je zde však větší citlivost nabíjecího a vybíjecího procesu, což snižuje životnost. Jsou takto díky použitým materiálům dražší než Ni-Cd akumulátory, avšak mají větší energetickou hustotu. [3]
- 5) **Akumulátory lithiové – Lithium iontové (li-on)** anoda je tvořena Li_2MnO_2 , LiCoO_2 nebo LiNiO_2 , anoda je pak z grafitové matrice. Elektrolyt je ze směsi vodivé soli a rozpouštědla. **Lithium metal hydridové** – jako katoda je zde použita Li_xMnO_2 , anoda je stejná jako u Li-on. Má z lithiových akumulátorů největší energetickou hustotu. A celkově nejvyšší hustotu. **Lithium-polymer (Li-pol)** – anoda i katoda je zde z fólie, přičemž anoda je lithiová. Jsou ukotveny v organo-sulfidovém polymeru. Mají vysokou nabíjecí účinnost a to až 90%. [11],[3]
- 6) **Akumulátor zinek- vzduch** – akumulátor je přibližně o 30% lehčí než sodík-síra přitom dosahuje energetické hustoty přibližně 220W/kg. Problémem je potřeba udržovat stabilní pracovní teplotu. [3]
- 7) **Akumulátory lithium-vzduch (li-air)** – jedná se o baterie kov – vzduch jako například výše zmíněné zinek-vzduch. Tento typ baterií má větší energetickou hustotu než většina v současnosti dostupných baterií. U li-air akumulátorů je teoretická hustota okolo 12000 Wh/kg [15] při přímé reakci vzdušného kyslíku s katalyzátory. Problémem však zde je koroze anody způsobená obsahem vodních par. Proto je nutno anodu chránit nevodným elektrolytem s membránou. Praktická energetická hustota pak byla dosažena 362 Wh/kg [15] celkové hmotnosti článku. Významné jsou tyto baterie také z důvodu, že je s nimi uvažováno v „Battery 500 project“ společnosti IBM, který má za cíl zvýšit dojezd elektromobilů až na 800 Km [16].

Jak je vidět z předešlého výčtu akumulátorů jakožto zásobáren energie pro elektromobily a hybridní automobily je celá řada. Je mezi nimi několik velmi nadějných adeptů na výborný zdroj pro trakční použití. Nadějně vypadají zejména akumulátory na bázi sodík-vzduch či lithium-vzduch. Avšak oba jsou v podstatě ve stádiu prototypů a o jejich širším využití rozhodne zejména, jak vhodně se budou jevit po praktických testech ve vozidlech. Jejich devizou je zejména vysoká energetická hustota, která je jedním z významných faktorů. Dalšími neméně významnými faktory bude šetrnost použitých materiálů k životnímu prostředí a celková finanční náročnost.

2.4.2.3. Superkondenzátory

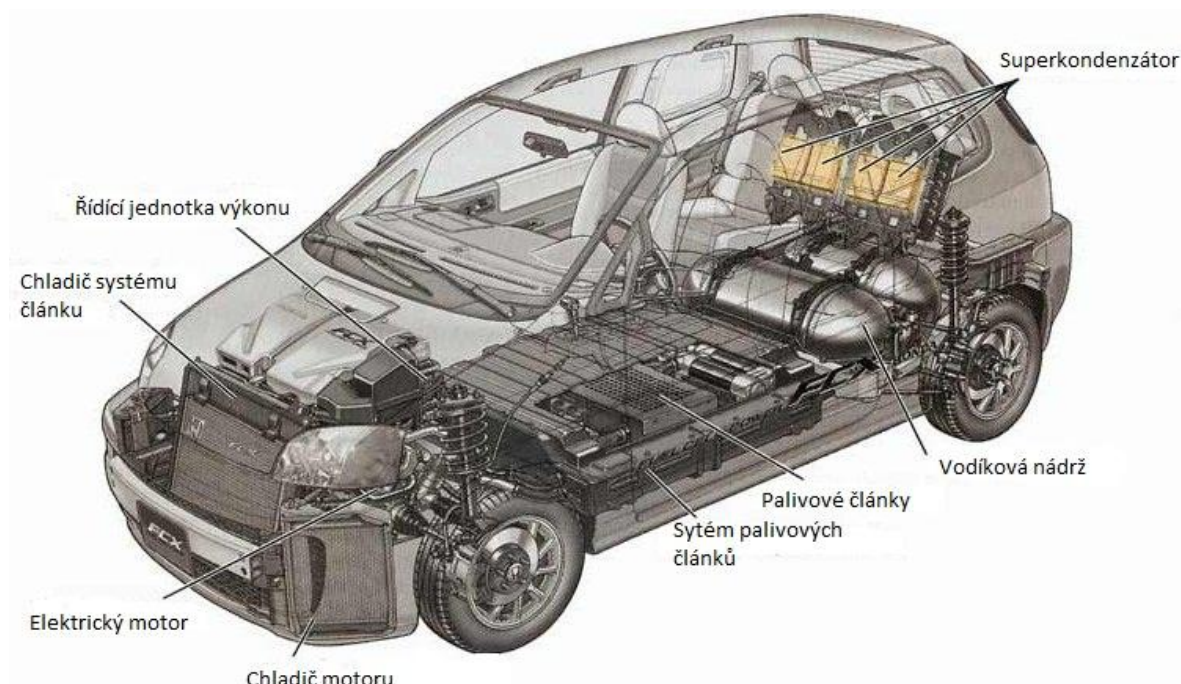
Jedná se alternativní zdroj akumulace energie, který je stále ve stádiu a testů a vývoje. Jedná se o velmi nadějný zdroj, jelikož v něm pomocí nabíjecího pulsu dochází k téměř okamžitému nabití [7].

Požadavky kladené na tyto superkondenzátory (anglicky označované jako supercapacitors nebo ultracapacitors) jsou výdrž 750 000 cyklů a zároveň 150 000 km. [17] V případě dostatečné energetické hustoty by dokonce mohly hrát velmi významnou roli ve zdrojích ke „skladování“ energie.

U superkondenzátorů můžeme počítat více jak 10 krát vyšší energetickou hustotou než u akumulátorů, přičemž nabíjení trvá typicky 60-120s (u akumulátorů 10-15minut) s účinností 85-98% (u akumulátorů 50-85%). [18]

2.4.3. Vozidla s palivovými články

Vozidla s palivovými články můžeme považovat za jeden z velmi perspektivních konceptů automobilů, který je v dnešní době vyvíjen a v omezené míře také využíván. Principiálně fungují podobně jako klasické elektromobily, s tím rozdílem, že zdrojem energie zde není baterie, ale právě palivový článek.



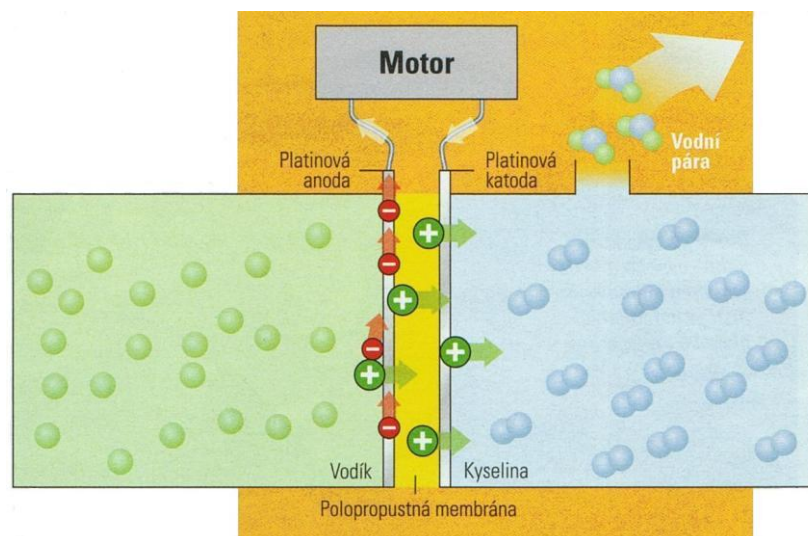
Obrázek 5 Schéma automobilu s palivovým článkem (Původní koncept hondy FCX) [19]

Funkční princip palivových článků

Téměř všechny technologie palivových článků dnešní doby využívají jako palivo vodík, výjimku tvoří tzv. přímometanolový palivový článek, proto můžeme jako základní funkční rovnici považovat:



Ve směsi vodíku a kyslíku, dochází na úrovni molekul ke kolizím. Při těchto kolizích dochází za příznivých podmínek k oxidaci molekuly vodíky kyslíkem za vzniku vody. Při této reakci vzhledem k rozdílným energetickým hladinám molekul vodíku a kyslíku a vody dochází k uvolňování tepelné energie. Při tomto přeskupování jsou emitovány elektrony. Funkčním principem palivového článku je usměrnit tok elektronu z vyšších energetických vazeb reaktantů do nižších energetických vazeb produktů přes vnější elektrický obvod tak, aby elektrony při průchodu tímto obvodem vykonávaly elektrickou práci. Jakožto „bariéra“ je použit elektrolyt [20].



Obrázek 6 Schéma palivového článku [21]

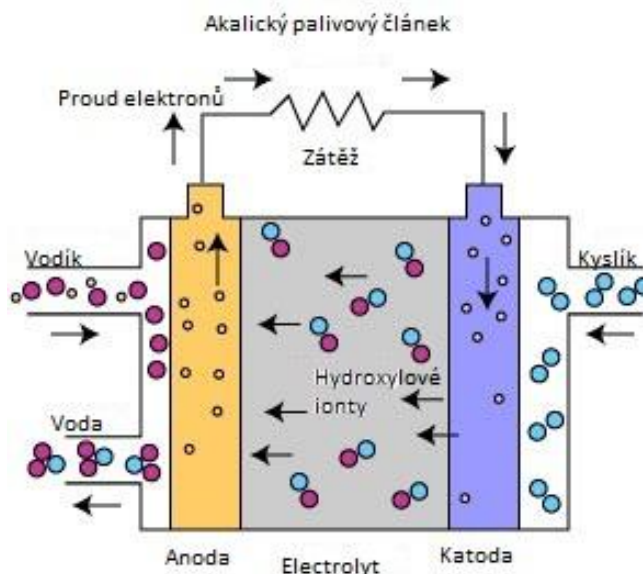
Palivové články můžeme podle druhu použitého elektrolytu rozdělit na [11]:

- 1) Alkalické články (AFC – alkaline fuel cells)
- 2) Články s tuhým polymerem (PEFC – proton exchange fuel cells)
- 3) Články s kyselinou fosforečnou (PAFC – Phosphoric acid fuel cells)
- 4) Články s roztavenými uhličitany (MCFC – Molten carbonate fuel cells)
- 5) Články s tuhými oxidy (SOFC – Solid oxide fuel cells)
- 6) Přímé metanolové články (DMFC – Direct methanol fuel cells)

2.4.3.1. Popis a charakteristika jednotlivých využitelných článků

1) Alkalický palivový článek (AFC)

Popis: Jedná se o články s nejvyšší účinností (až 70%), výzkum a vývoj těchto článků je úzce spjat s vesmírným programem NASA. Byly využity v programu Apollo, Gemini či Space shuttle. Díky tomuto je můžeme považovat za jedny z nejlépe prozkoumaných palivových článků, avšak jejich výzkum stále pokračuje. [20]



Obrázek 7 Schéma alkalického palivového článku [22]

Elektrolyt – u tohoto článku se využívá alkalický roztok, zejména hydroxid draselný (KOH), běžná koncentrace elektrolytu je 30%. Jako elektrolyt je využitelný i hydroxid sodný (NaOH), ale jeho použití je spíše výjimkou vzhledem k jeho nízké rozpustnosti. Rozmezí pracovních teplot se pohybuje v rozmezí 20-90°C, ale většinou je cca 60°C. Problémem je reakce KOH s CO₂, kdy vzniká K₂CO₃, které způsobuje postupnou degradaci palivového článku. [11]

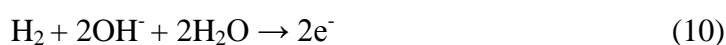
Elektrody: elektrody jsou zpravidla vyráběny jako porézní z práškového niklu s přídavkem uhlíku, a vrstvičkou katalyzátoru na povrchu. (11) Materiálové složení se však může lišit dle výrobce. Jako nejnovější řešení se využívá elektrody porézní nanodisperzní teflonové (PTFE). [20]

Reakce: na katodě dochází k redukci kyslíku, na anodě pak k oxidaci vodíku. Jako produkt této reakce je vodní pára. [23]

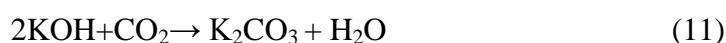
Redukce kyslíku v alkalickém roztoku:



Oxidace vodíků je dána reakcí:

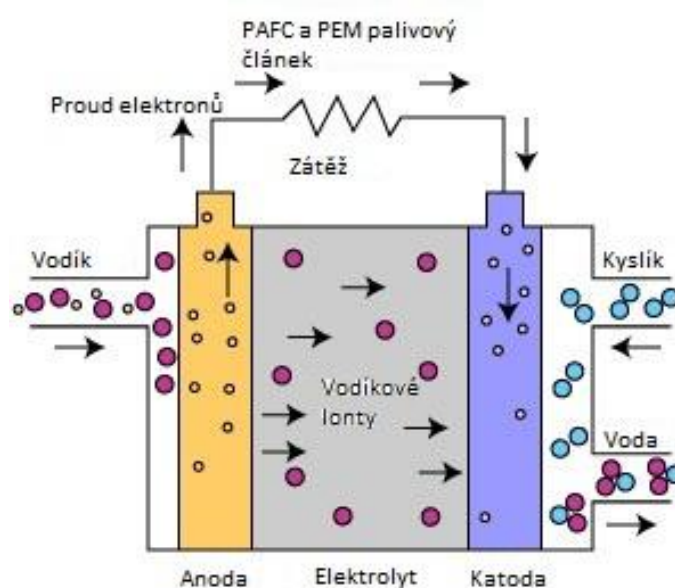


Rovnice styku elektrolytu KOH s CO₂. Kdy vzniká uhličitán draselný K₂CO₃, který má negativní vliv na životnost článku [20]:



2) Články s tuhými polymery (PEM)

Popis: Jedná se o články, které jsou zejména v posledním desetiletí intenzivně vyvíjeny. A to zejména vzhledem k jejich kompaktní konstrukci a velmi dobré účinnosti, která je činí vhodnými pro mobilní využití [20]. U PEM má membrána zároveň funkci elektrolytu a nese na sobě katalyzátor. Konstrukčně se jedná o porézní grafitický papír, který je opatřen teflonovou vrstvou, která funguje jako ochrana proti navlhnutí. Takto vytvořená membrána je pak vložena mezi anodu a katodu a za tepla jsou navzájem spojeny. Tímto vzniká základ palivového článku o tloušťce 1mm. Tento základ je uzavřen mezi dvě bipolární desky, ve kterých je přes kanálky přiváděno na katodu okysličovadlo a na anodu palivo. [11]



Obrázek 8 Schéma PEM a PAFC článku [24]

Reakce: Na anodě je vodík za přítomnosti katalyzátoru redukován na vodíkový iont za uvolnění dvou elektronů [20].



Na katodě pak tyto elektrony po průchodu elektrickým obvodem reagují s vodíkovým iontem a kyslíkem za vzniku vody.



3) Články s kyselinou fosforečnou (PAFC – Phosphoric acide fuel cells)

Popis: Jedná se o články, které jsou využívány již více jak 20 let. Díky tomu je jejich technologie na vysoké úrovni. Jedná se o vysokoteplotní palivové články. Jako palivo v něm může být čistý vodík, nebo některé uhlovodíky (např. metan CH_4) [3]. Díky využití kyseliny jako elektrolytu, a pracovní teplotě přibližně 200°C jsou články PAFC velmi tolerantní k obsahu CO a CO_2 v reakčních plynech. [20]

Elektrolyt: jako elektrolyt je v tomto článku použita kyselina fosforečná (H_3PO_4). Elektrolyt je v podobě gelu a je uchycen v matici z karbidu křemíku s přísadou teflonu. [11]

Elektrody: elektrody jsou z uhlíku ve formě tenkých destiček, na kterých je platina, která funguje jako katalyzátor. Elektrody jsou obklopeny deskami z uhlíkatých sloučenin s kanálky pro přívodem paliva či okysličovadla, některé slouží pro chlazení. Desky také slouží pro odvod elektronů od anody ke katodě.

Reakce: Reakce na elektrodách odpovídají v podstatě reakcím v PEM.

4) Přímý metanolový palivový článek (DMFC – Direct methanol fuel cell)

Popis: jedná se o články, které využívají jako palivo metanol (CH_3OH). Metanol můžeme, zejména díky lepším skladovacím vlastnostem, označit za palivo budoucnosti pro mobilní aplikaci. Konstrukčně ho můžeme přirovnat k PEM článku. Při využití metanolu jako paliva dostáváme rozdílné napětí a to $1,215\text{V}$ na rozdíl od $1,23\text{V}$ při použití vodíku. Vývoj DMFC však provází mnoho problémů, zejména je to průchodnost metanolu současnými membránami. [20]

Elektrolyt: jako elektrolyt je využívána fólie polymeru, nebo roztok vody. Teoreticky je možno jako elektrolyt využít i alkalický roztok jako KOH a však při reakci vzniká nerozpustný karbonát, který ucpává membránu. [11]

Reakce: na katodu je přiváděn vzduch, na stranu anody pak metanol ve formě par nebo roztoku:

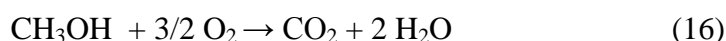
Reakce na anodě:



Reakce na katodě:

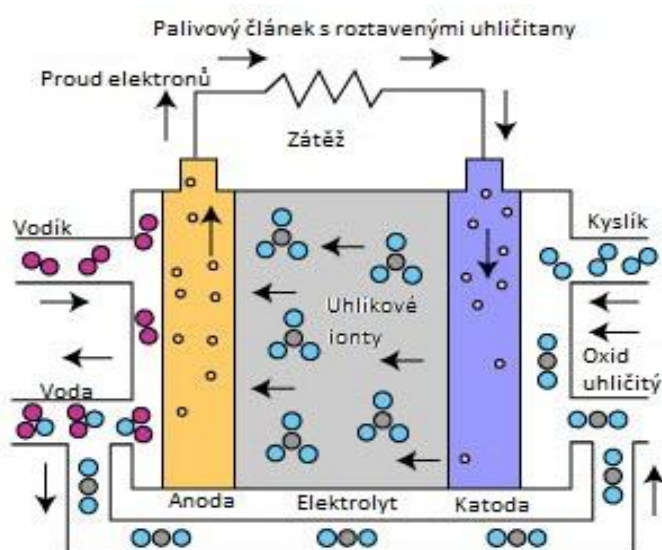


Celková reakce:



5) Palivový článek s roztavenými uhličitany (MCFC- Molten carbonate fuel cell)

Popis: počátek výzkumu těchto článků se datuje do roku 1960 [11]. Jedná se o články vysokoteplotní (pracovní teplota okolo 650°C). Jako palivo využívají jak vodík, tak oxid uhelnatý (CO). Vhodnými palivy zde mohou tedy být i zemní plyn či bioplyny [20]. Pak je však nutné ke článku předřadit parní reforming.



Obrázek 9 schéma MCFC článku [25]

Elektrolyt: jedná se o směs roztavených uhličitánů. Složení elektrolytu není pevně dané, avšak většinou se v něm nachází uhličitán litný (Li_2CO_3) a uhličitán draselný (K_2CO_3). Tato směs se nachází v pórovité chemicky inertní matici složené z oxidů lithia a hliníku (LiAlO_2). Pro lepší vodivost je preferována směs o molárním poměru 62:38 předešlých látek. [20]

Elektrody: musí být schopny pracovat trvale v prostředí o vysoké teplotě. Základním materiálem je nikl (Ni) a to zejména díky jeho katalytickým schopnostem při provozní teplotě článku. [20]. Přičemž anoda je vysoce porézní s přísadou chromu (Cr). Katoda je složena z oxidu nikelnatého (NiO) s přídavkem lithia. [11]

Reakce:

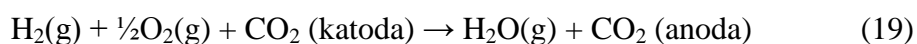
Reakce na anodě:



Reakce na katodě:

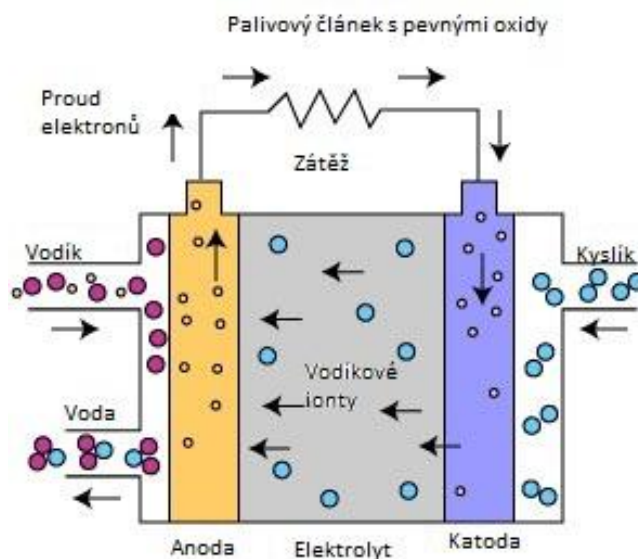


Celková reakce:



6) Palivové články s tuhými oxidy (SOFC – Solide oxide fuel cell)

Popis: jedná se o vysokoteplotní článek (pracovní teplota je 800 – 1100°C). Jedná se o článek, pro nějž jsou stejně jako pro MCFC použitelné uhlovodíkové plyny, v případě využití parního reformingu. [20]. Konceptně je článek uspořádán jako modul, rozdělit ho dle uspořádání můžeme na planární, trubkový a HPD (high power density). [20]



Obrázek 10 schéma SOFC článku [26]

Elektrolyt: elektrolyt je keramický, jedná se o směs oxidů yttria a zirkonu. Přesněji se jedná o oxid zirkoničitý (ZrO_2), který jako stabilizátor využívá oxid yttria (Y_2O_3). Tuto směs můžeme právě nad 750°C považovat za výborný vodič. [11]

Elektrody: pro anodu je využívána porézní (20-50%) keramická směs sintrovaného materiálu na bázi niklu, stabilizovaný oxidem zirkoničitým (ZrO_2). Materiál anody může být přizpůsoben k přímému reformingu metanu. Katoda je také porézní a je vyrobena z LaMnO_3 dopovaného stronciem nebo směsí oxidů typu perovskit. [20]

Reakce:

Reakce na anodě:



Reakce na katodě:



Celková reakce:



Tabulka 3 - Přehled jednotlivých článků [20]

Název	Značení	Anglický název	Elektrolyt	Provozní teplota	Dosahovaná elektrická účinnost[%]
Alkalický palivový článek	AFC	Alkaline fuel cell	KOH (30%)	do 80°C	60-70
Palivový článek s tuhými polymery	PEMFC	Proton Excha. membrane fuel cell	Membrána s iontovou vodivostí	do 80°C	50-68
Palivový článek přímo metanolový	DMFC	Direct metanol fuel cell	Membrána s iontovou vodivostí	80 – 130 °C	20-30
Palivový článek s kyselinou fosforečnou	PAFC	Phosphoric acide fuel cell	H ₃ PO ₄	200°C	55
Palivový článek s roztavenými uhličitany	MCFC	Molten karbone fuel cell	Tavené uhličitany li, Na, K	650°C	65
Palivový článek s tuhými oxidy	SOFC	Solide oxide fuel cell	Stabilizovaný zirkon oxid	800-1000 °C	60-65

Tabulka 4 - Tabulka srovnání jednotlivých článků [9]

Možností aplikace	Přenosné elektronická zařízení			Automobily, Domácí energetický zdroj			Automobily, velké energetické zdroje	
Výkon ve Wattech	1	10	100	1K	10K	100K	1M	10M
Hlavní výhody	Vyšší energetická hustota než baterie, rychlé nabíjení			Nulové emise, vysoká efektivita článků			Vysoká efektivita, nízké emise	
Rozsah využitelnosti palivových článků	DMFC			AFC			MCFC	
					SOFC			
	PEMFC							
					PAFC			

Z tabulek je patrné, že jako perspektivní články pro automobilové využití se jeví zejména AFC, PAFC a PEMFC. Jako nejperspektivnější při využití v osobních automobilech se jeví právě články AFC díky vysoké účinnosti a nízké pracovní teplotě, problémem může být potřeba velmi čistého kyslíku pro provoz tohoto článku. Vhodné se jeví vzhledem k účinnosti a provozním specifikacím i články SOFC, kde jediným problémem při využití u osobních automobilů zůstává vysoká pracovní teplota.

3. Environmentální a ostatní aspekty konceptů

Automobil jako takový, je vnímám moderní společností jako symbol svobody a volnosti člověka. Bohužel, jeho provoz je doprovázen mnohými negativními vlivy a to nejen na poli životního prostředí, ale také sociálních poměrů ve společnosti. V této části se zaměřuji kromě v dnešní době již široce diskutované problematiky interakce dopravy a životního prostředí i na sociální aspekty automobilové dopravy. Také se zde pokouším již mírně odlišit, vzhledem k rozdílnému dopadu do životního prostředí, klasické a alternativní koncepty.

3.1 Interakce automobilu a ovzduší

Dopady provozu klasických koncepcí automobilů na ovzduší jsou v dnešní době již relativně dobře známy i se svými důsledky pro lidské zdraví a ekosystémy. Co se týče ostatních konceptů tak jejich dopady v rámci provozu budou jednoznačně nižší, u elektromotoru a palivových článků pak v podstatě bez emisí. Problémem může však být zvýšení emisí při výrobě jednotlivých konceptů či jimi užívaných paliv a to zejména s ohledem na zvýšení technické náročnosti výroby.

Zde se však dostáváme do polemiky s metodou LCA, kdy zde zvažujeme dopady celého životního cyklu a případně i dopady životních cyklů, které jsou do „života“ konceptu zapojeny. Budeme-li tedy chtít jednoznačně ocenit dopad na kvalitu ovzduší, musíme uvažovat i s emisní zátěží, kterou sebou automobil nese v rámci výroby a konce životního cyklu. A to zejména z důvodu náročnosti výroby některých konceptů a jimi užívaných paliv.

Emise u provozu automobilů, můžeme rozdělit [27], [28]:

1. **Primární** – vznikající primárně provozem

- a. Oxidy uhlíku (CO, CO₂) – významné pro svou toxicitu a dopad na klima
- b. Oxidy dusíku (NO, NO₂) – souhrnně označované jako NO_x – negativní dopady na lidské zdraví, vznik fotochemického smogu

- c. Sloučeniny síry – zejména SO_2 , vznik je ovlivněn kvalitou paliv v dnešní době je kvalita paliv řešena vyhláškou č. 357/2002 Sb.
 - d. Těkavé organické látky (VOC) – u některých jsou prokázány toxické a karcinogenní (benzen) účinky, uvolňování zejména při manipulaci s palivy.
 - e. Olovo (Pb) – bylo využíváno jako aditivum na ochranu ventilů
 - f. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) – karcinogenní látky vznikající při nedokonalém spalování
 - g. Suspendované částice (PM) – hlavním zdrojem jsou vznětové motory a opotřebení motoru, obrus pneumatiky a brzdových destiček.
2. **Sekundární** – vznikající chemickou reakcí primárních v prostředí, například ozón (O_3).

U TZL (PM) jako primárních ZL můžeme dále specifikovat kadmium (Cd), nikl (Ni) a chrom (Cr) vznikající při opotřebovávání částí motoru, spojů a brzdového obložení. Dále zde můžeme zařadit i platinu (Pt) a rhodium (Rd) uvolněné z katalyzátorů. [28]

Mezi sekundární znečištění vzniklé v důsledku emisí z dopravy řadíme i smog. Ten jako takový můžeme rozdělit do dvou základních typů:

1. **Londýnský (Redukční)** – jedná se o typický smog složený z kouře (smoke) a mlhy (fog) za inverzních podmínek. Oxidy ze spalovacích procesů reagují s mlhou za vzniku kyselin. Jejich vlivem dochází k dráždění dýchacích cest. Jedná se o směs městských a průmyslových kouřů. [29]
2. **Los Angeleský (oxidační)** – také označovaný jako fotochemický smog, vyznačuje se vysokým obsahem přízemního ozónu. Tento přízemní ozón vzniká zejména díky emisím z dopravy, jelikož ve velké míře obsahují oxidy dusíku (NO_x) a těkavé organické látky (VOC). Z těchto dvou tzv. prekurzorů vzniká fotochemickou reakcí zmiňovaný přízemní ozón. Tento typ smogu je agresivní, dráždivý a toxický. [29]

3.1.1. Emise z dopravy v ČR

Emisní zátěž z dopravy je shrnuta v následujících tabulkách a grafech pro rok 2000 – 2007. K výpočtu byly využity data z registru REZZO 4 a data z ročenek Českého statistického úřadu.

Tabulka 5 – podíl dopravy na emisích v ČR [27]

Emise	CO ₂	CO	NO _x	VOC	SO ₂	TZL	Pb
Podíl dopravy celkově [%]	7,8	28,2	43,3	40,2	0,7	3,2	81,2
Podíl silniční dopravy celkem [%]	93,0	95,4	92,8	97,4	91,3	91,0	0
Podíl individuální dopravy [%]	47,4	70,6	31,5	76,4	12,4	4,8	0
Podíl veřejné osobní dopravy [%]	2,7	1,5	3,6	1,2	4,6	5,0	0
Podíl MHD (autobusy) [%]	1,3	0,7	1,7	0,6	2,2	2,4	0
Podíl nákladní dopravy [%]	41,6	22,6	56,0	19,2	72,1	78,8	0
Podíl železniční dopravy [%]	4,4	2,3	5,8	2,0	7,5	8,2	0
Podíl letecké dopravy [%]	2,3	2,1	0,8	0,4	0,5	0	4,3
Podíl vodní dopravy [%]	0,3	0,2	0,6	0,2	0,7	0,8	0

Tabulka 6 - Počtu vozidel v české republice během let 2000-2007 [30]

Rok	Motocykly	Osobní automobily	Mikrobusy a autobusy	Nákladní vozidla	Silniční tahače
2000	748 140	3 438 870	18 259	275 617	22 669
2001	755 482	3 529 791	18 384	296 412	24 823
2002	760 219	3 647 067	21 340	323 434	26 061
2003	751 634	3 706 012	20 627	340 094	25 652
2004	756 559	3 815 547	19 948	371 437	24 769
2005	794 000	3 958 708	20 134	415 101	24 060
2006	822 703	4 108 610	20 331	468 282	22 622
2007	860 131	4 280 081	20 416	533 916	20 915

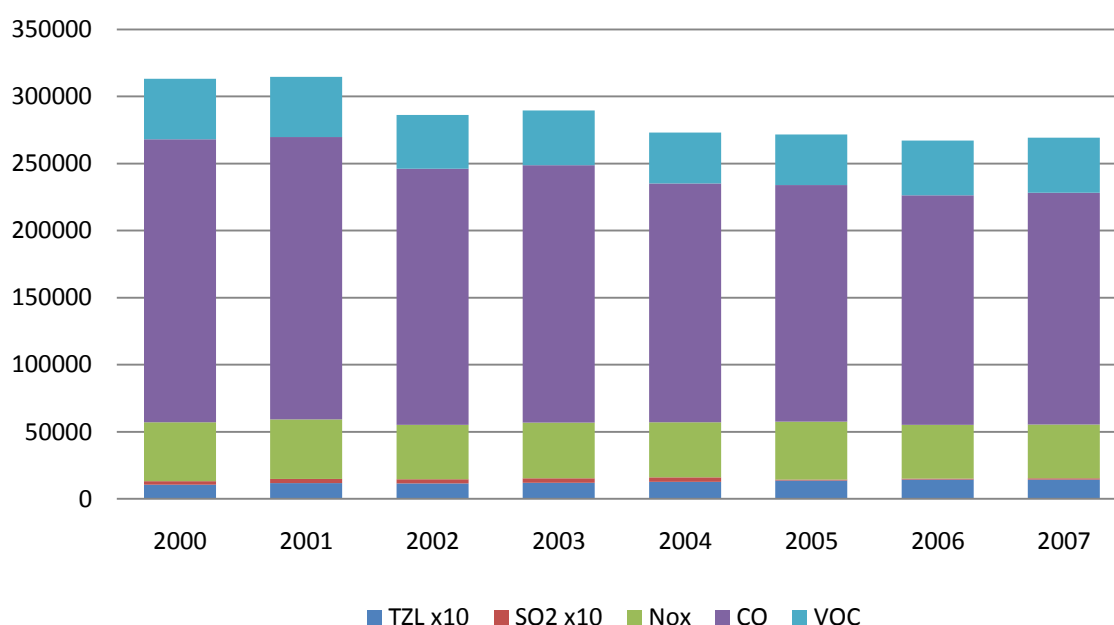
Tabulka 7 - Emise z individuální dopravy (data – [31],[27])

rok	TZL x10	SO ₂ x10	Nox	CO	VOC
2000	10577,952	2666,992	43836,31	210915,95	45343,48
2001	11775,744	2915,736	44519,52	210518,61	44945,51
2002	11534,4	2968,56	40591,15	190997,85	40077,84
2003	11991,648	3169,564	41567,49	192135,36	40676,43
2004	12549,6	3433,684	41113,23	178150,56	37885,54
2005	13641,6	742,388	43079,81	176499,58	37631,05
2006	14382,336	753,424	39935,45	171156,07	40881,41
2007	14362,992	806,868	40239,23	172895,16	40936,80

Tabulka 8 - Emise z individuální dopravy – přepočten na jedno vozidlo (data – [31],[27])

Rok	TZL	SO ₂	Nox	CO	VOC
2000	0,25	0,06	10,47	50,37	10,83
2001	0,27	0,07	10,39	49,13	10,49
2002	0,26	0,07	9,21	43,34	9,09
2003	0,27	0,07	9,32	43,10	9,13
2004	0,27	0,08	8,99	38,96	8,29
2005	0,29	0,02	9,06	37,14	7,92
2006	0,29	0,02	8,10	34,71	8,29
2007	0,28	0,02	7,83	33,64	7,96

Graf 2 – Vývoj emisí REZZO 4 pro individuální dopravu (data – [31], [27])



Z grafů vyplývá klesající tendence emisního zatížení v rámci individuální dopravy. Důvodem je zejména omlazování vozového parku, kdy nové automobily musí splňovat přísnější emisní limity (EURO). Na emisích se nejvíce podílí oxid uhelnatý a dále pak v podstatě rovnocenně těkavé organické látky společně s oxidy dusíku.

3.2. Interakce dopravy a půdy

Definice půdy dle V.V. Dokučajeva je: „samostatný přírodně-historický útvar, který vzniká a vyvíjí se zákonitým procesem, jež probíhá působením několika půdotvorných činitelů“. Na půdu můžeme nahlížet jako na základní produkční prostředek, tedy primárně

má pro člověka význam její úrodnost [32]. Silniční doprava jako taková ovlivňuje půdu několika způsoby. Jedná se zde o kontaminaci půdy, ať už vlivem samotné depozice nebo oplachu ZL a zábor půdy pro dopravní stavby. Dostí často je povaha tohoto znečištění v rozporu s primární funkcí půdy. Proto by měly být i tyto dopady zohledněny v LCA studii.

3.2.1. Zábor půdy

Zábor půdy dopravou, ať se již jedná o zábor dočasný či trvalý, je důsledkem výstavby silnic a silniční infrastruktury. Má za následek snížení intenzity zemědělské výroby a produkce dřeva v dotčeném území [33]. Důležitým dopadem je také fragmentace krajiny silnicemi a narušování migračních cest živočichů a rostlin. Což je v dnešní době řešeno tzv. zelnými mosty,, neboli migračními přechody komunikací. Primárně je můžeme rozdělit na *podchody* a *nadchody*. [27]

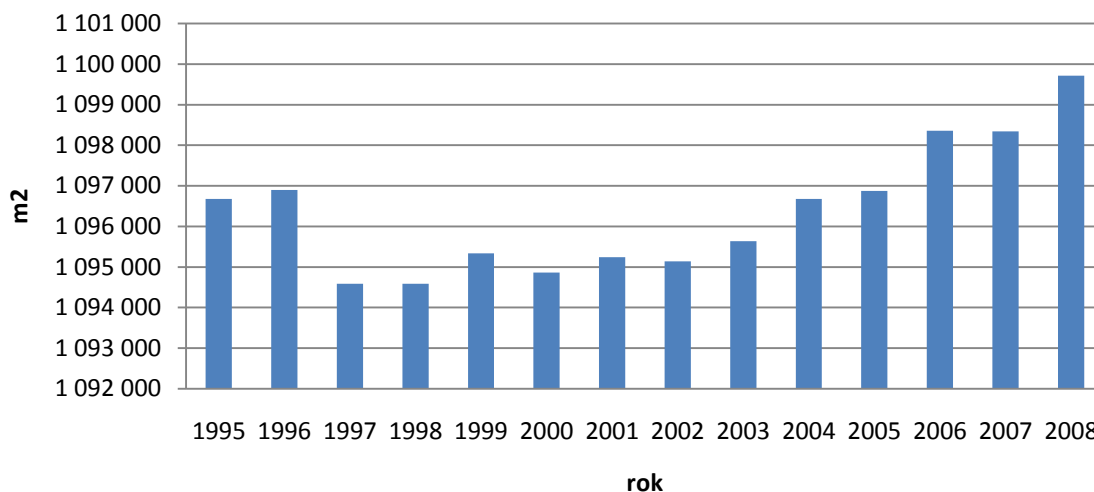
Tabulka 9 – Tabulka délky silnic a přibližného záboru půdy [34]

Rok	Celkem	Dálnice	Rychlostní komunikace	Silnice				Zábor půdy [m ²]
				celkem	silnice I. třídy	silnice II. třídy	silnice III. třídy	
1995	55 500	414	x	55 086	6 459	14 273	34 354	1 096 680
1996	55 511	423	x	55 088	6 460	14 270	34 358	1 096 897
1997	55 394	486	x	54 908	6 264	14 362	34 283	1 094 585
1998	55 394	499	x	54 895	5 993	14 660	34 242	1 094 585
1999	55 432	499	x	54 933	6 005	14 686	34 242	1 095 336
2000	55 408	499	299	54 909	6 031	14 688	34 190	1 094 862
2001	55 427	517	300	54 910	6 091	14 636	34 183	1 095 238
2002	55 422	518	305	54 904	6 102	14 668	34 134	1 095 139
2003	55 447	518	320	54 929	6 121	14 667	34 141	1 095 633
2004	55 500	546	336	54 953	6 156	14 669	34 128	1 096 680
2005	55 510	564	322	54 945	6 154	14 667	34 124	1 096 878
2006	55 585	633	331	54 952	6 174	14 660	34 118	1 098 360
2007	55 584	657	354	54 927	6 191	14 632	34 104	1 098 339
2008	55 654	691	360	54 963	6 210	14 592	34 161	1 099 716

V tabulce bylo pro výpočet přibližného záboru půdy komunikacemi uvažovaná střední šířka silnic 19,76 m [33], která byla odhadnuta z poměru délek hlavních silnic, dálnic a doplňkové sítě bez zahrnutí parkovišť a zastávek autobusu. Tedy s rozmachem

zejména nákladní dopravy a růstem moderních hypermarketů můžeme počítat, že zábor půdy pro potřeby silniční dopravy je mnohem větší.

Graf 3 - Vývoj záboru půdy v letech 1995-2007



3.2.2. Kontaminace půdy

Ke kontaminaci půd může dojít depozicí ZL nebo splachem z povrchu vozovky. Mezi látkami kontaminujícími půdu můžeme nalézt, některé PAH a jejich deriváty, NEL a také některé kovy. Mezi nejvýznamnější kovy můžeme zařadit platinu (Pt), rhodium (Rh) a paladium (Pd), které jsou uvolňovány z katalyzátorů a jsou při větších koncentracích toxické. Dalším rizikem kontaminace, jak splachem, tak depozicí, je zimní údržba silnic, kdy se do půdy můžou dostat posypové látky. Můžeme zde zařadit např. chlorid sodný či chlorid vápenatý. Zvýšenou kontaminaci půd můžeme zaznamenat zejména v městských aglomeracích, kde je hustota provozu největší. [28], [27]

Právě v městských aglomeracích by velmi prospělo širší zavádění elektromobilů, případně širší rozšíření plug-in hybridů ve společnosti. V ČR má společnost ČEZ ve spolupráci se Škoda auto v plánu investovat 0,5 miliardy korun na pilotní projekt dvou „čerpacích stanic“ v rámci projektu Future motion [35]. Což jsou zatím jen první vlaštovky v budování dobíjecí infrastruktury, ale je to v dnešní době snaha, která může ověřit možnosti pro širší zavádění elektromobilů do společnosti.

3.3. Interakce dopravy a vody

Voda je základní složkou životního prostředí, nezbytnou pro život. Silniční doprava na vody působí zejména v důsledku úkapů z motorů a jeho částí a z dopravních nehod. Přičemž ke kontaminaci dochází většinou nepřímo a to splachem z vozovky do vod povrchových, případně průsakem přes půdu do vod podzemních [33].

Skladba ZL je vzhledem k charakteru znečištění velmi podobná znečištění půd. Můžeme zde nalézt organické látky (PAH), nerozpuštěné extrahovatelné látky (NEL) a celou řadu kovů, které se deponují okolo a na vozovce. U podzemních vod je riziko kontaminace nižší zejména vzhledem k filtrační schopnosti půdy a horninového prostředí. Největším rizikem jsou zde havárie, při kterých dochází k velkým unikům pohonných hmot, případně i nebezpečného nákladu jako jsou kyseliny či jiné chemikálie [28].

Tabulka 10 - Původ ZL ve vodách [27]

Zdroj	Znečišťující látka
Výfukové plyny	Pb, Ni, sloučeniny N, fenoly, uhlovodíky, PCCD, PCDF, TZL
Otěr brzdového obložení	Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, TZL
Otěr pneumatik	Cd, Zn, TZL, org. sloučeniny, S, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni
Otěr povrchu komunikací	Si, Ca, Mg, asfalt, dehet, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni, TZL
Otěr značení komunikací	TiO ₂ , rozpouštědla
Úkapy z motorů	Pb, Ni, Zn, org. látky, oleje, tuky, uhlovodíky, Cu, V, Cr
Koroze	Al, Cu, Fe, Co, Mn, Cd, Zn
Stavební hmoty	Minerální látky, pojiva (asfalt, vápno, cement)

3.4. Fyzikální působení dopravy na životní prostředí

Jakožto fyzikální působení rozumíme působení dopravy zejména *hlukem* a *vibracemi* na své okolí. Můžeme zde zařadit i jiné záření, jako záření elektromagnetické. Toto může v dopravě vznikat zejména jako průvodní jev trakčních systémů (troleje vlaků, tramvají či trolejbusů) [33]. V rámci silniční dopravy se těmto jevům nebudu blíže věnovat.

Hluk – za hluk můžeme považovat zvuk, který je nežádoucí, rušivý nebo škodlivý pro člověka. Zvuk, jakožto změny akustického tlaku (Pa), je běžná součást života a však nadměrná intenzita může působit negativně na člověka, faunu či stavby. Dle organizace WHO může hladina hluku 55-65 dB(A) značně negativně působit na obyvatelstvo [33]. Přičemž WHO uvedla, že 40% populace je ohroženo hlukem přesahujícím 55 dB(A) a 20% hlukem přesahujícím 65dB (A) v denní době. Hluku přesahujícím 55 dB(A) v noční době je vystaveno 30% Evropské populace [28]. Přičemž pro spánek je stanovena horní hranice 35-37 dB(A).

Tabulka 11 - Tabulka relativního nárůstu obtíží vlivem zvýšené expozice hluku [28]

Účinky dlouhodobé expozice venkovnímu hluku –noc (22-6h)						
Nepříznivý účinek	dB(A)					
	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65
Infarkt myokardu-%	Od 3,7	3,7-4,1	4,1-4,5	4,5-4,9	4,9-5,4	5,4-6
Poruchy spánku-%	Od 11	11-12,5	12,5-13,8	13,8-15	15-16,5	16,5-18,5
Denní užívání sedativ-%	Od 3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,7	5,7-6,5

Vibrace

Vibrace můžeme definovat jako mechanické kmitání pružného tělesa. Jedná se souvislý jev provázející hluk a v podstatě existují souběžně. Vznikají zejména pohybem vozidla po podložce, vlivem různých nerovností a nedokonalostí dopravní cesty. [33], [28]

V přímém působení na člověka mohou mít vibrace i patologický účinek, hlavně se negativně projevují její účinky na centrální nervovou soustavu, stejně jako u hluku. Další negativní vlivy jsou spojeny s narušováním staveb okolo komunikací a negativní působení na faunu v okolí cest. [33]

3.5. Sociální aspekty silniční dopravy

Sociální aspekty silniční dopravy, jsou velmi širokým a těžko přímo hodnotitelným aspektem. Možnost mobility se stala v minulém století samozřejmostí pro většinu lidské populace a přinesla sebou řadu pozitiv, ale i mnoho negativ. Jako jednoznačným pozitivem je smazávání vzdáleností mezi lidmi, kdy mají lidé k sobě blíž, což upevňuje vzájemné vztahy. Bohužel však silniční doprava vytvořila určitý kult individuality, který spíš než posílení vzájemných vztahů zapříčinil jejich rozpad. [36]

Rovný přístup k dopravě a jeho problémy

V rámci mobility mají „Listinou základních práv svobod“ všichni lidé zaručen svobodný pohyb. Pokud vztáhneme tento pohyb k dopravě, dostáváme určitou část *znevýhodněné populace*, která nemá rovné šance v dopravě. Jedná se zde zejména o sociálně slabé či hendikepované jedince, ale můžeme zde započítat i těhotné ženy či cestující s dětmi, nebo cestující s nadměrnými zavazadly [28]. Tyto skupiny se týkají dopravy všeobecně a můžeme říct, že v rámci individuální silniční dopravy je tato skupina užší a to zejména vzhledem ke komfortu cestování automobilem. Jako nejvíce znevýhodněné se zde jeví skupiny s hendikepem a sociálně slabší skupiny. V dnešní době však již zaznamenáváme jisté pokroky i v rámci individuální silniční dopravy, kdy i některé skupiny hendikepovaných mohou řídit automobil. Samozřejmě, že i v dnešní době jsou některá postižení v rámci individuální silniční dopravy limitující. Za pokrok v sociální sféře by mohla být považována snaha automobilek vytvářet velmi levné automobily, které jsou dostupnější i pro sociálně slabší skupiny.

Ale, měli bychom se zamyslet nad tím, jestli je zrovna rovný přístup k individuální automobilové dopravě, esenciální pro momentální společnost, která čelí krizi vzájemných vztahů. Dalším problém jsou pak samozřejmě zvýšené dopady do ŽP v rámci zvýšené produkce a sociálních dopadů s tímto souvisejících.

4. Výběr konceptu k posuzování

Pro ukázkou možností metody LCA jsem si zvolil v dnešní době nejrozšířenější koncept a to koncept klasický. Tedy bude se věnovat dopadům zážehového motoru jakožto momentálně na světě nejpoužívanějšího agregátu. Věnovat se budu pouze pohonné jednotce, jelikož dopady výroby a provozu karosérie, náprav a ostatních konstrukčních částí se dá považovat za totožný. Největší měrou životní cyklus ovlivňuje právě pohonná jednotka, a to zejména rozdílným technologickým procesem při výrobě jednotlivých konceptů a z toho vyplývající i rozdílnou demontáží po ukončení životního cyklu.

4.1. Představení metody LCA

LCA je zkratka z anglického „life cycle assessment“. Český překlad je Posuzování životního cyklu, tedy již z českého překladu vyplývá podstata této analytické metody. Metoda mapuje a hodnotí dopady do životního prostředí během celého životního cyklu tedy v podstatě od těžby surovin až po odstranění výrobku na konci jeho životního cyklu. Posuzování se dělí na 4 základní části [37]:

- 1) Stanovení cíle a rozsahů
- 2) Inventarizační analýza (LCI)
- 3) Posouzení dopadů
- 4) Interpretace

Tyto 4 fáze tvoří tedy nástroj environmentálního managementu, který má napomáhat při rozhodování v otázkách týkajících se interakce produktu a životního prostředí a to v celém životním cyklu. LCA je nástrojem využitelným dále pro zlepšování environmentálního profilu výrobku, určování důležitých indikátorů environmentálního profilu výrobku a z pohledu marketingu může být podkladem pro environmentální značení, prohlášení či tvrzení. [38] [37].

U LCA studie je velmi důležité důsledně dodržet postup ve všech částech studie, který zajišťuje její transparentnost. Problémem je jednoznačně velmi široká variabilita, kdy již

stanovením hranic systému do značné míry studii ovlivňuje. Stejně tak se můžou rozdílné studie lišit při použití rozdílných dat v inventarizaci, či při využití rozdílné metodiky při analýze dopadů. Ve fázi interpretace je však studie ovlivnitelná nejvíce díky nutné interpretaci výsledků autorem studie, kde se může projevit jistá zaujatost.

4.2. Představení programu SimaPro

SimaPro je softwarem určeným k modelování životního cyklu. Jedná se o software společnosti Pré consultants, která se vývojem LCA zabývá již od roku 1990. Kromě vývoje tohoto softwaru se zabývá vývojem nejširší metodiky LCA a to ECO-INDICATOR 99. [39]

LCA softwary jak bylo výše napsáno, slouží k modelování, přesněji k modelování produktového systému, který se skládá z jednotlivých procesů. Software data čerpá z databází, sloužících k získání dat, které jsou již v praxi ohodnoceny. Jedná se například o výrobu elektrické energie, či těžbu uhlí nebo ropy. Na základě našich a databázových dat software sestavuje inventarizaci a na jejím základě vypočítává dopady [40]. Dopady jsou počítány pomocí jednotlivých metodik LCA, SimaPro k výpočtu používá následující metodiky:

1. CML 2 baseline 2000
2. CML 2001
3. ECO-indicator 99
4. Ecological scarcity 2006
5. EDIP 2003
6. EDIP 2007
7. EPS 2000
8. IMPACT 2002+

Využití specializovaného softwaru a databází se v dnešní době jeví jako nutnost, a to zejména u tak složitých výrobků jako je automobil. SimaPro je uživatelsky velmi příjemný software, který má široké možnosti využití v rámci LCA a umožňuje všechny potřebné výpočty. Cena samotného softwaru se pohybuje od 4200 € do 9600 € za singl licenci a od

6300 € do 14400 € za multilicenci [41]. Cena se může samozřejmě zvyšovat při potřebě dodatečných databází.

4.3. Představení posuzovaného automobilu

Jedná se o motor z vozidla Škoda Favorit 135. Motor nese označení Š-781.135 a poprvé byl k vidění v roce 1987, kdy byl představen nový vůz Škoda na Brněnském strojírenském veletrhu. [42]

Automobil celkově prošel v roce 1993 značnou modernizací. Zejména z důvodu přiblížení kvality k ostatním koncernovým vozům (WV). U motoru se jednalo zejména o výměnu karburátoru za jednobodový vstřík BOSCH Mono-Motronic, který se používal společně s třicestným řízeným katalyzátorem a byl řízen počítačovou jednotkou. Další modernizací byla zavedení, snímačů polohy škrtků klapky, a otáček motoru, elektrického benzinového čerpadla a nádoby s aktivním uhlím. Další změnou bylo zavedení plochého drážkového řemene a s tím spojená úprava převodu mezi klikovou hřídelí a alternátorem což mělo za cíl zvýšit účinnost alternátoru. [43]



Obrázek 11 škoda Favorit v řezu [44]

Tabulka 12 - Tabulka technický parametrů vozů Škoda Favorit [42]

Model	Obsah	Výkon v kW	Zrychlení 0-100 km/h	Spotřeba dle ECE normy
135	1289	43	15	5,5/7,3/7,9
136		46	14	5,2/7,0/7,6
135e		40	16	5,9/7,9/8,9
135k				5,7/7,9/8,3

4.4. Projekt LCA – životní cyklus zážehového motoru

1) DEFINICE CÍLŮ A ROZSAHU

a) Cíl:

- Posouzení životního cyklu zážehového motoru

b) Vedlejší cíle:

- Zjištění, která fáze životního cyklu výrobku má největší vliv na ŽP

c) Zaměření:

- Externí – výzkumná část diplomové práce
- Skupina adresátů: odborná veřejnost
- Určení výsledků

d) Funkce:

- Pohonná jednotka

e) Funkční jednotka

- 1 motor

f) Hranice systému:

- Od brány po hrob (from gate to grave)

g) Referenční tok:

- Kolik surovin je zapotřebí na život 1 motoru

2) INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA

- a) Tabulka se shromážděnými daty včetně zdrojů
- b) Uvést konkrétní alokační postup
 - alokace je prováděna programem SimaPro
- c) Provést normalizaci procesu
 - Normalizace a rozpočet na posuzovaný produkt je prováděna programem SimaPro

4.5. Data ke studii

Data ke studii jsem získával převážně z volně dostupných databází Českého statistického úřadu, Integrovaného registru znečištění České republiky, Českého hydrometeorologického ústavu. Další možností odkud jsem získával data, byl praktický průzkum, který spočíval v demontáži motoru a zjištění jeho materiálového složení a hmotnostního zastoupení jednotlivých materiálů. Data týkající se materiálového složení jsem získal díky možnosti demontáže motoru na autovrakovišti společnosti Autoservis CZUDEK s.r.o. Doplnující data pro studii jsem získával také odbornými konzultacemi či z technických příruček nebo odborných publikací. Konzultací byla získána data týkající se demontáže a životnosti motoru, která byla dle odhadu automechaniku 200 000km.

4.5.1. Demontáž motoru

Měl jsem k dispozici motor z vozu po modernizaci, tedy s jednobodovým vstřikováním. Bohužel jsem neměl možnost dohledat technický průkaz, proto nemám, žádné bližší informace o automobilu, ze kterého byl motor vyjmut. Pro studii však není původ vozidla potřebný. Po demontáži jsem rozdělil jednotlivé díly podle materiálové příbuznosti a tak je vážil. Váha, kterou jsem měl, k dispozici vážila s přesností 0,25 kg, což je vzhledem hmotnosti dílu a přesnosti potřebné ke studii dostatečné. Naměřené hmotnosti a zjištěné materiály jsem zapisoval do tabulky, jejíž elektronickou podobu můžete vidět níže. Na počátku jsem si zvážil celý motor, bez pryžových hadic, náplní a ostatního převážně plas-

tového vybavení. Poté již započala samotná demontáž, a následné vážení, jak bylo popsáno výše.

Tabulka 13 - Zjištěné hmotnosti při rozborce motoru Š-738.135

Popis	Váha [Kg]	Materiál	Poznámky	%
Pryžové hadice, těsnění	2,75	Pryž, tvrzená pryž	Pryž	1,95
Spojovací materiál	4,25	Ocel	Šrouby, matky, objímky atd...	3,01
Převody	16,25	Ocel	Převodovka + řadic mechanismus	11,50
Plasty	1,5	Plast PP	Nádržka chladicí kapaliny, Vzduchový filtr	1,06
Elektronika	8,5	Elektroodpad	Alternátor, zapalovací soustava + vstřikování elektronika; Alternátor 4,75kg	6,02
Vložky válců	4,25	Ocel		3,01
Převody blok motoru	8,5	Ocel	Převody (ozubené kola, ozubené kolo setrvačníků) + Řetěz	6,02
Chladič	2,75	Plech + AL	Plech 0,5 kg	1,95
Klikový mechanismus	15,75	Ocel	Kliková hřídel, ojnice, pístní čepy - bez pístů	11,15
Výfuk	12,75	Ocel, Plech	Kompletní svody + tlumiče	9,03
Blok motoru	33,5	AL	Blok motoru + hlava, převodová skříň	23,72
Ostatní hliníkové části	8	AL	Části bloku, sání, konstrukční prvky	5,66
Litinové části	7,75	Litina	Svody + konstrukční prvky	5,49
Písty	0,75	Al-slitina		0,53
Mechanismus ventilů	3,75	Ocel	Vačka, zdvihací mechanismus ventilů	2,65
Zbytek kov	5,75	Ocel	směska	4,07
Zbytek plechy	3,5	Plech + AL	Olejová vana, drobné části plech do 2mm	2,48
Olejový filtr	0,5			0,35
Těsnění papír	0,5	papír		0,35

4.5.2. Data z databází a publikací

Co se týče dat z databází, využíval jsem zejména databáze Českého statistického úřadu a Sdružení automobilového průmyslu (AP). Tato data se povětšinou však týkala automobilového průmyslu jako celku, bylo je nutno tedy upravit na automobil, respektive jeho pohonnou jednotku.

Přepočet dat z ČSU [45]

$$PNPJ = \frac{\text{Hodnoty ČSU}}{\text{Počet automobilů v ČR}} \times 0,20 \quad (23)$$

Přepočet dat z IRZ [46]

$$PNPJ = \frac{\text{Hodnoty IRZ}}{\text{Počet automobilů Škoda auto}} \times 0,20 \quad (24)$$

U těchto dat se jedná pouze o přepočet na pohonnou jednotku automobilu, kdy jsem počítal s podílem pohonné jednotky na váze vozidla přibližně 20%.

Výpočet emisí, spotřeby provozních kapalin, paliva za dobu provozu

Zde jsem počítal s dobou životnosti motoru Škody Favorit 200 000 Km. Ostatní data jsem získal z technických příruček.

1) Emise – emise vyprodukované během provozu, jsem počítal ze statistických dat uvedených v tabulce dat ze zdroje [47] (g/Kg) a celkové hmotnosti paliva spotřebovaného během provozu, přičemž jsem počítal s hustotou benzínu 750 kg/m³

$$emise = data\ emise \times (objem\ paliva \times \rho) \quad (25)$$

2) Provozní kapaliny – zde jsem vycházel z intervalu výměny provozních kapalin (počítal jsem pouze s převodovým a motorovým olejem) a jejich množství uvedeného v technické příručce Škoda Favorit.

$$PK = \left(\frac{\text{životnost motoru}}{\text{interval výměny}} \right) \times objem\ výměny \quad (26)$$

3) Palivo – zde jsem počítal opět s celkovou životností motoru a s kombinovanou spotřebou, která činila 7,3l /100 km.

$$Palivo = \left(\frac{\text{životnost motoru}}{100} \right) \times \text{spotřeba} \quad (27)$$

Tabulka 14 - Inventarizační analýza dat k LCA

Elementární tok		Jednotka	Výroba produktu	Provoz	Odstraňování
Vstupy - spotřeba surovin					
Česky	Anglicky				
Černé uhlí	Black coal	Kg	17,61		
Hnědé uhlí	Lignite	Kg	2169,02		
Benzín	Benzine	Litr	1,16	14600,00	
Nafta	Oil	Litr	2,66		
Zemní plyn	Natural gas	m ³	27,80		3,65
Elektrická energie	Electricity	kWh	394,75		0,50
Ocel - ušlechtilá	High-quality steel	Kg	58,50		
Ocel - litina	Steel alloy	Kg	7,75		
Ocel - Plech	Steel plate	Kg	16,75		
AL-slitina blok	Aluminum alloy	Kg	41,50		
AL - slitina písty	Aluminum alloy	Kg	0,75		
AL-čistý	Aluminum	Kg	2,25		
Měď	Copper	Kg			
Plasty	Plastic	Kg	1,50		
Přez	Rubber	Kg	2,75		
Papír	Paper	kg	0,50		
Voda	Water	m ³			0,05
Olej - motorový	Engine lubrication oil	Litr		60,00	
Olej - převodový	Gearbox oil	Litr		32,00	
Výstupy - ovzduší					
NM VOC		g	1942,80	11716,5	
Formaldehyd	Formaldehyde	g	0,20	0	
Oxidy dusíku(NO/NO ₂)	Nitrogen oxide	g	202,31	36244,5	
CO	Carbon oxide	g		115851	
CO ₂	Carbon dioxide	g		34470600	
CH ₄	Methan	g		3394,5	
N ₂ O	Nitrogen monooxide	g		49275	
PM	Particular matter	g		0	
SO ₂	Sulphuer dioxide	g		6679,5	

PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbons	g		1574610	
PCDF	Furan	g		232140	
PCDD	Dioxin	g		112785	
Výstupy - voda					
Celkový fosfor	Total phosphorus	g	48,97		
Celkový dusík	Total nitrogen	g	80,76		
Chrom	Chromium	g	0,07		
Kadmium	Cadmium	g	0,00		
Měď	Copper	g	0,04		
Nikl	Nickel	g	3,64		
Olovo	Slug	g	0,02		
Xylen	Xylene	g	0,01		
Zinek	Zink	g	4,72		

Barva	Zdroj
	Odborný odhad
	IRZ [46]
	ČSÚ [45]
	Demontáž motoru
	Odborná literatura [47]
	Technická příručka

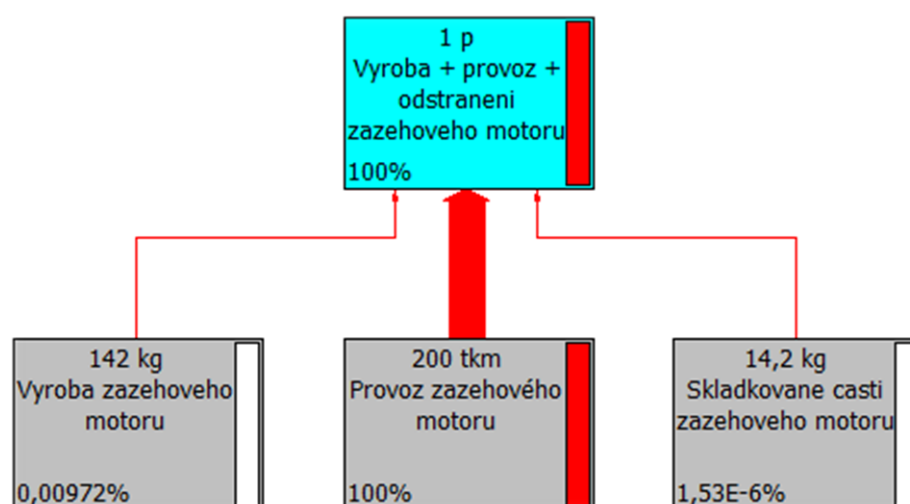
4.6. Analýza LCA

V analýze jsem pro větší názornost použité metodiky Eco-indicator 99 použil pro výpočet jak hierarchistický archetyp, tak i individualistický archetyp [48]. Pro názornost jsou tabulky a grafy řazeny pod sebou, aby bylo možno přímo srovnat rozdílné vyhodnocení životního cyklu posuzovaného motoru u různých archetypů.

4.6.1. Síť – zastoupí jednotlivých procesů



Obrázek 12 zapojení jednotlivých procesů do životního cyklu při individualistickém archetypu

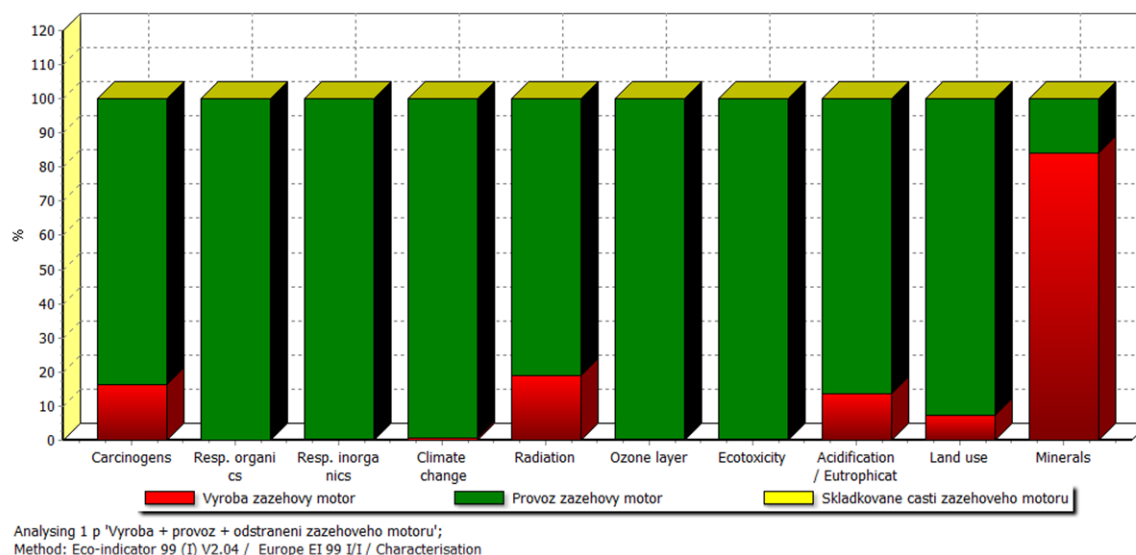


Obrázek 13 zapojení jednotlivých procesů do životního cyklu při hierarchistickém archetypu

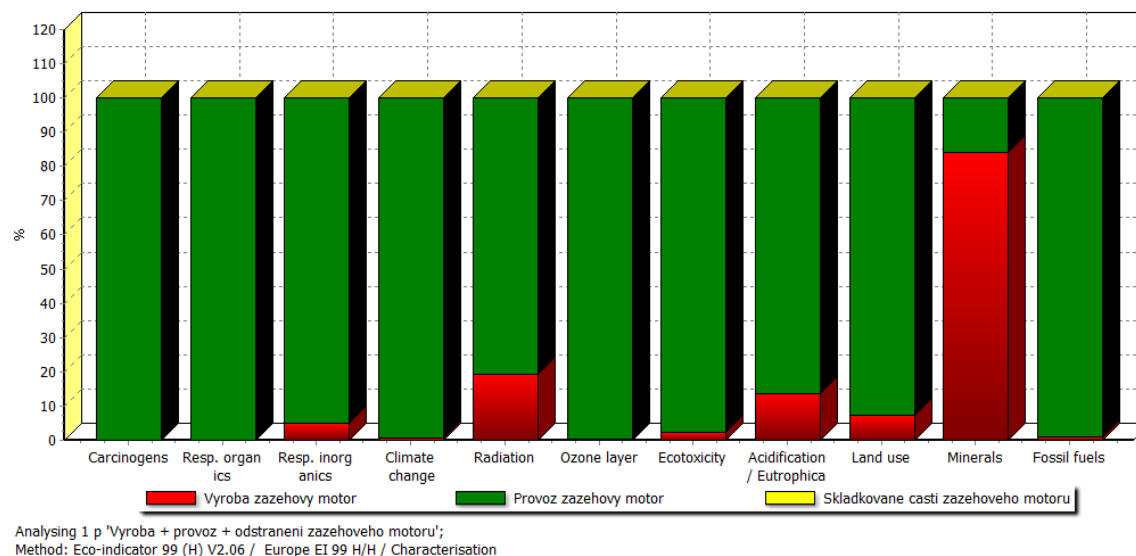
4.6.2. Charakterizace

Grafová část – zde jsou zobrazeny data v grafech programu SimaPro, jedná se zde o procentuální vyjádření dopadů do jednotlivých příčin v kategoriích dopadů.

Graf 4 Charakterizace jednotlivých příčin individualistický archetyp [%]



Graf 5 - Charakterizace jednotlivých příčin hierarchistický archetyp [%]



Tabulková část – zde jsou uvedeny tabulky s číselnými hodnotami, z nichž vychází grafy charakterizace.

Tabulka 15 – Tabulka dat k charakterizaci individualistického archetypu

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zážehový motor	Provoz zážehový motor	Skládkované části zážehového motoru
Karcinogeny	DALY	0,00016	2,62E-05	0,000133	8,44E-08
Respirační nemoci org.	DALY	2,991979	3,04E-06	2,991976	5,38E-10
Respirační nemoci anorg.	DALY	0,265282	0,001159	0,264123	5,58E-07
Změny klimatu	DALY	0,024194	0,000152	0,024041	5,49E-07
Ionizační zařízení	DALY	3,43E-06	6,52E-07	2,77E-06	3,51E-09
Úbytek stratosférického	DALY	5,17E-05	2,23E-07	5,15E-05	2,07E-10
Ekotoxicita	PAF*m2yr	12967,08	56,92292	12910,12	0,035827
Acidifikace/Eutrofizace	PDF*m2yr	8621,408	1185,255	7436,121	0,03146
Zábor půdy	PDF*m2yr	186,6069	13,6208	172,9206	0,065463
Minerální zdroje	MJ surplus	380,9806	320,4568	60,52041	0,003372

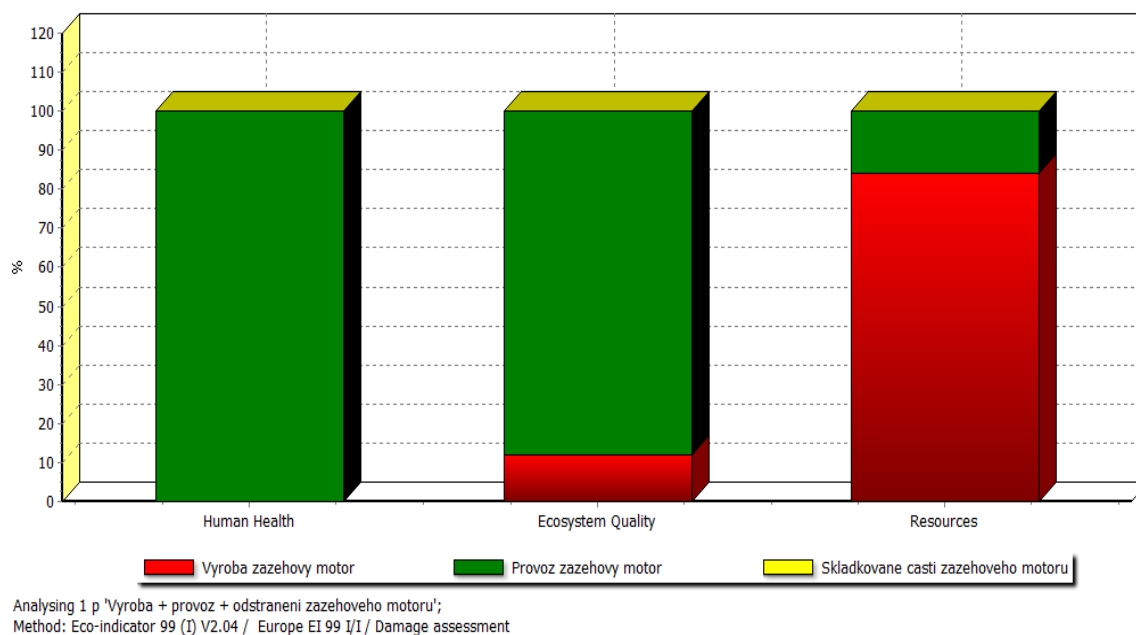
Tabulka 16 – Tabulka dat k charakterizaci individualistického archetypu

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zážehový motor	Provoz zážehový motor	Skládkované části zážehového motoru
Karcinogeny	DALY	267,6842	5,85E-05	267,6842	1,68E-07
Respirační nemoci org.	DALY	3,306917	3,27E-06	3,306914	5,78E-10
Respirační nemoci anorg.	DALY	0,395476	0,019333	0,376142	1,07E-06
Změny klimatu	DALY	0,024645	0,000159	0,024485	5,75E-07
Ionizační zařízení	DALY	4,8E-05	9,3E-06	3,87E-05	5,07E-08
Úbytek stratosférického	DALY	6,4E-05	2,86E-07	6,37E-05	2,61E-10
Ekotoxicita	PAF*m2yr	16502,18	360,0413	16142,02	0,114822
Acidifikace/Eutrofizace	PDF*m2yr	8621,408	1185,255	7436,121	0,03146
Zábor půdy	PDF*m2yr	186,6069	13,6208	172,9206	0,065463
Minerální zdroje	MJ surplus	380,9806	320,4568	60,52041	0,003372
Fosilní paliva	MJ surplus	81698,38	722,2415	80975,13	1,013562

4.6.3. Dopady

Dopady jsou hodnoceny v 3 hlavních kategoriích a to lidské zdraví (human health), kvalita ekosystémů (Ecosystem quality) a suroviny (sources).

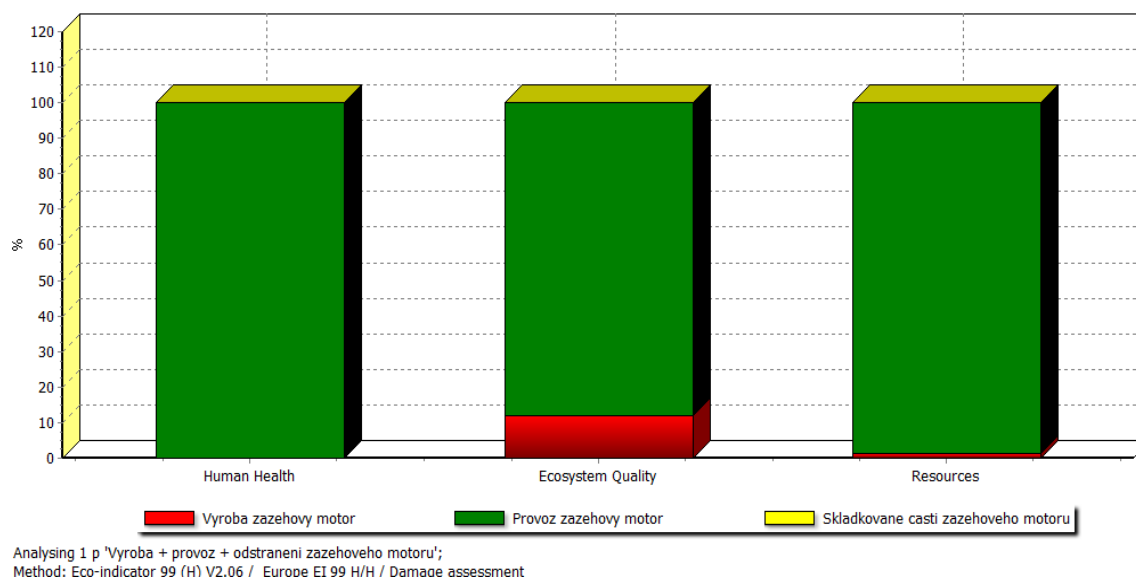
Graf 6 – Dopady životního cyklu do jednotlivých kategorií dopadu - individualistický archetyp [%]



Tabulka 17 – Zdrojové data pro graf dopadů - individualistický archetyp

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zážehový motor	Provoz zážehový motor	Skládkované části zážehového motoru
Lidské zdraví	DALY	3,281669	0,001341	3,280327	1,2E-06
Kvalita ekosystémů	PDF*m2yr	10104,72	1204,568	8900,054	0,100505
Zdroje	MJ surplus	380,9806	320,4568	60,52041	0,003372

Graf 7 – Dopady životního cyklu do jednotlivých kategorií dopadu - hierarchistický archetyp [%]



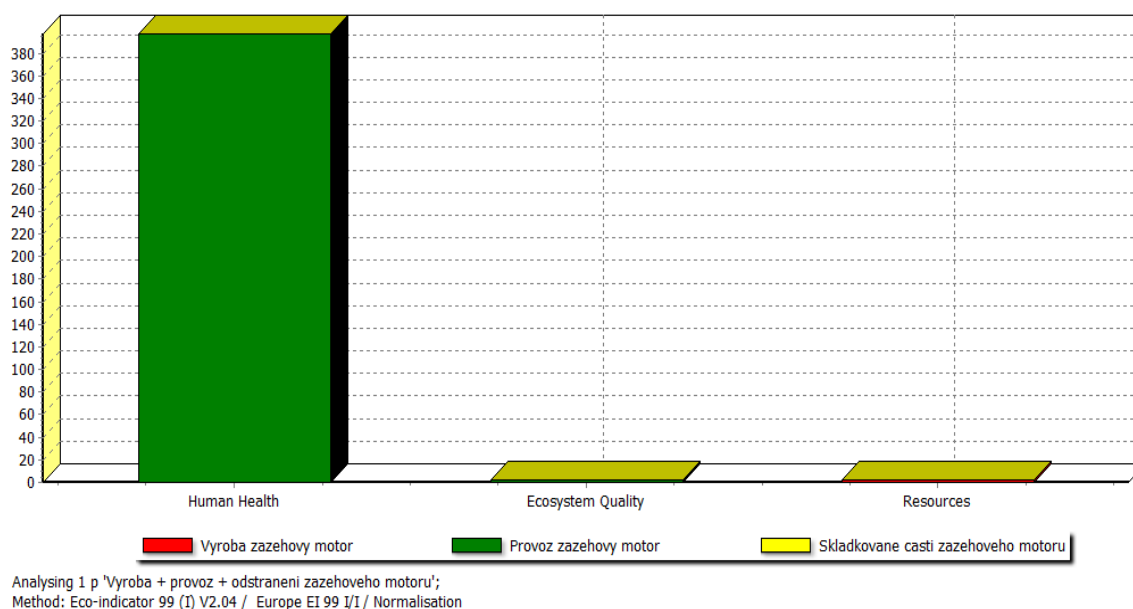
Tabulka 18 - Zdrojové data pro graf dopadů - hierarchistický archetyp

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zážehový motor	Provoz zážehový motor	Skládkované části zážehové- ho motoru
Lidské zdraví	DALY	3,281669	0,001341	3,280327	1,2E-06
Kvalita ekosystémů	PDF*m2yr	10104,72	1204,568	8900,054	0,100505
Zdroje	MJ surplus	380,9806	320,4568	60,52041	0,003372

4.6.4. Normalizace

Normalizace vztahuje dopady do jednotlivých kategorií dopadů ke kategorii, jejíž dopady jsou pro daný životní cyklus referenční.

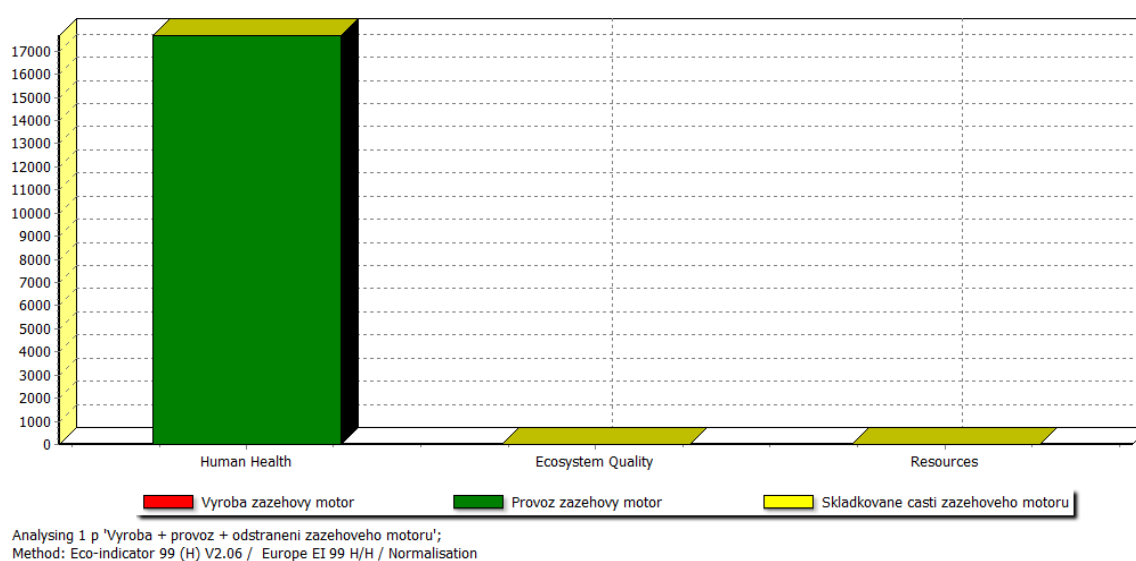
Graf 8 – Normalizace individualistického archetypu



Tabulka 19 – Zdrojová data normalizace individualistického archetypu

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zážehový motor	Provoz zážehový motor	Skládkované části zážehového motoru
Lidské zdraví		397,082	0,162259	396,9196	0,000145
Kvalita ekosystémů		2,243248	0,267414	1,975812	2,23E-05
Zdroje		2,54495	2,140651	0,404276	2,25E-05

Graf 9 – Normalizace hierarchistického archetypu



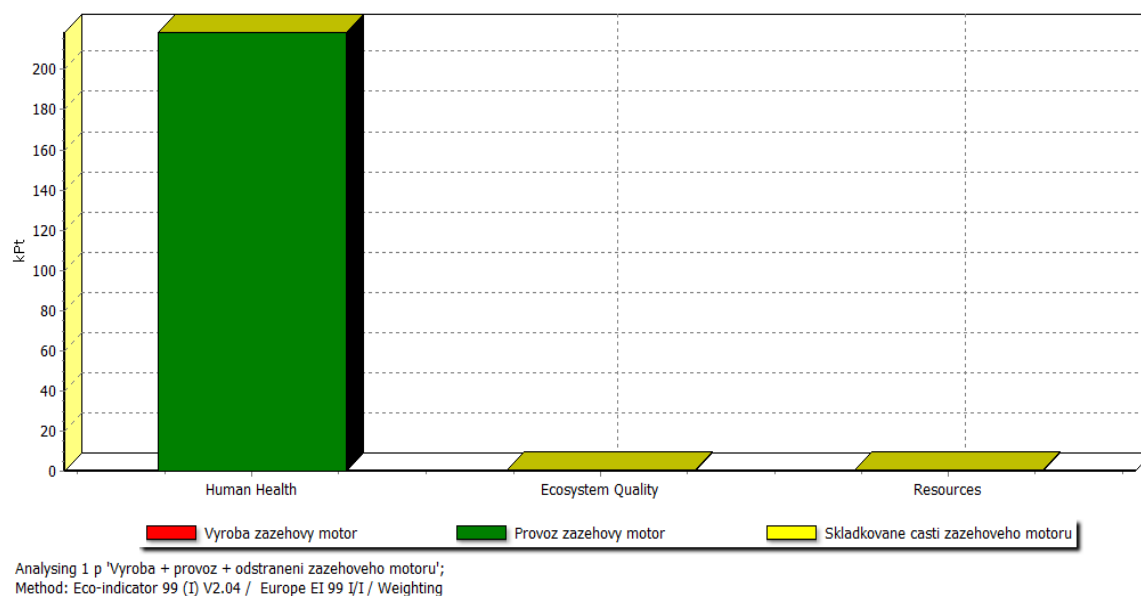
Tabulka 20 – Zdrojová data normalizace hierarchistického archetypu

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zážehový motor	Provoz zážehový motor	Skládkované části zážehového motoru
Lidské zdraví		17668,88	1,273534	17667,61	0,000121
Kvalita ekosystémů		2,039355	0,240802	1,798533	2,11E-05
Zdroje		9,767444	0,124081	9,643242	0,000121

4.6.5. Vážení

Zde se vyjadřuje význam environmentálního problému na základě hodnoty pro různé skupiny obyvatelstva, v našem případě se jedná o skupinu hierarchistickou a individualistickou.

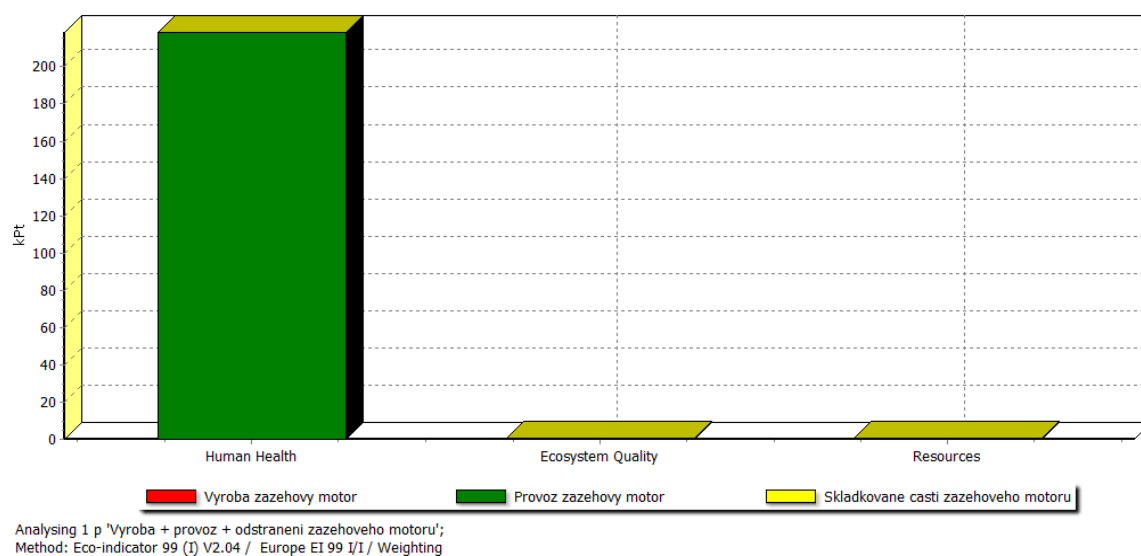
Graf 10 – Vážení pro individualistický archetyp



Tabulka 21 – Zdrojová data grafu vážení pro individualistický archetyp

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zazeňový motor	Provoz zazeňový motor	Skladkovane části zazeňového motoru
Total	Pt	219464,9	584,2263	218880,6	0,089632
Lidské zdraví	Pt	218395,1	89,24249	218305,8	0,079549
Kvalita ekosystémů	Pt	560,8121	66,85355	493,953	0,005578
Zdroje	Pt	508,9901	428,1303	80,85527	0,004504

Graf 11 – Vážení pro hierarchistický archetyp



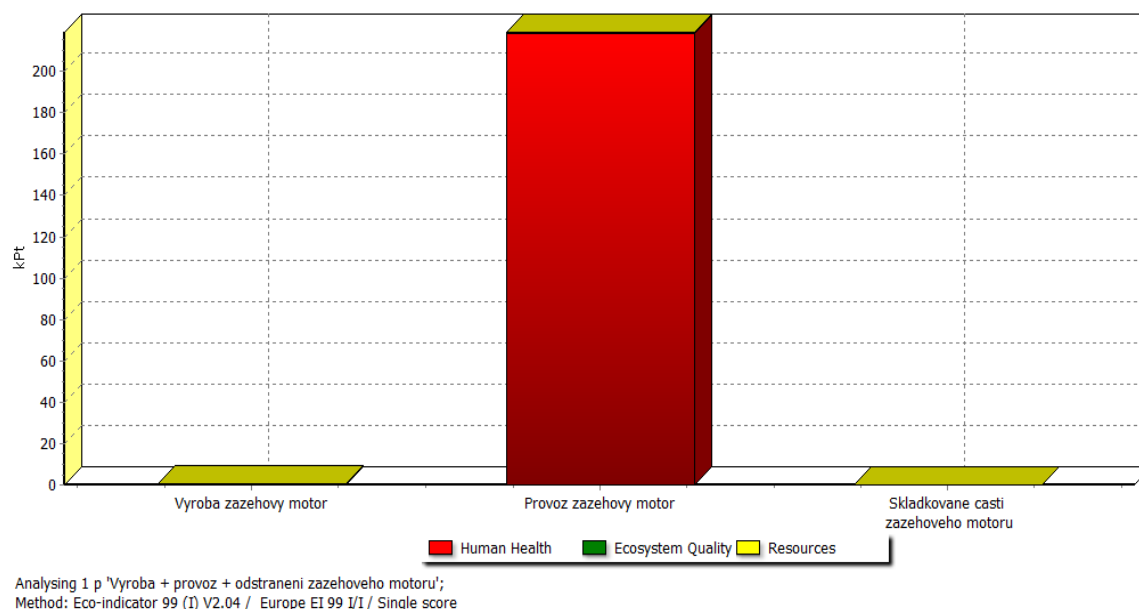
Tabulka 22 – Zdrojová data grafu vážení pro hierarchistický archetyp

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zážehový motor	Provoz zážehový motor	Skládkované části zážehového motoru
Total	Pt	5304410	515,6052	5303894	0,081139
Lidské zdraví	Pt	5300664	382,0602	5300282	0,036379
Kvalita ekosystémů	Pt	815,7422	96,32067	719,413	0,008456
Zdroje	Pt	2930,233	37,22433	2892,973	0,036305

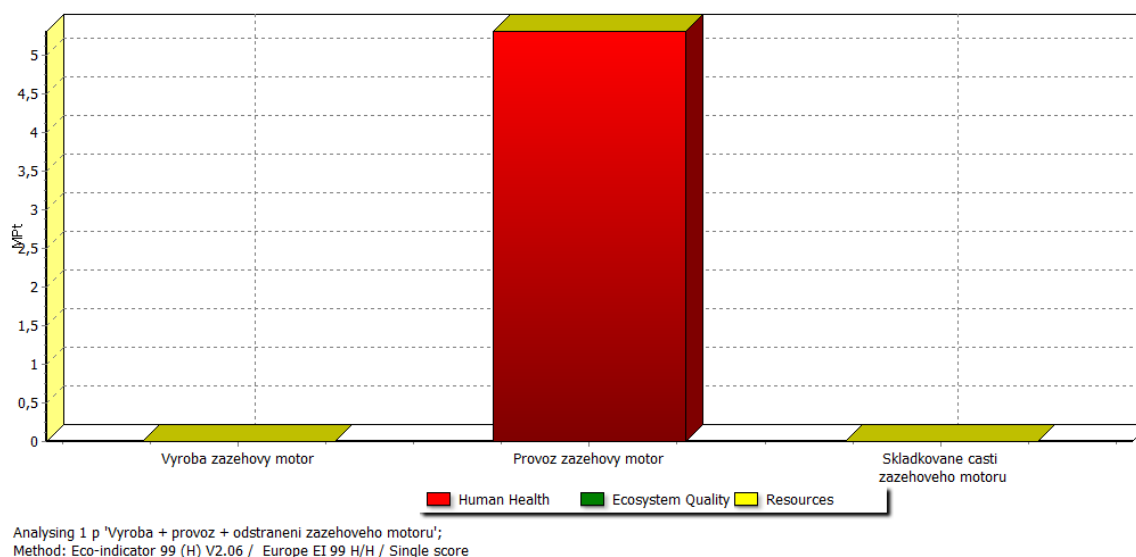
4.6.6. Významnost jednotlivých procesů

Zde se jedná o ocenění míry dopadu jednotlivých procesů zapojených v životním cyklu. Data se liší pouze u hierarchistického archetypu proto uvádím pouze jednu tabulku a dva grafy, jelikož u individualistického archetypu odpovídaly datům z vážení.

Graf 12 – Významnost procesů - individuální archetyp



Graf 13 - Významnost procesů - hierarchický archetyp



Tabulka 23 – Zdrojová data pro graf významnosti procesů – hierarchický archetyp

Kategorie dopadu	Jednotka	Total	Výroba zážehový motor	Provoz zážehový motor	Skládkované části zážehového motoru
Total	Pt	515,6052	5303894	0,081139	5304410
Lidské zdraví	Pt	382,0602	5300282	0,036379	5300664
Kvalita ekosystémů	Pt	96,32067	719,413	0,008456	815,7422
Zdroje	Pt	37,22433	2892,973	0,036305	2930,233

4.7. Interpretace

4.7.1. Úvod

Úvodem interpretace analýzy LCA zážehového motoru, bych rád poznamenal pár slov k účelu studie. Studii jsem zpracovával jako ukázkovou studii v rámci své diplomové práce, a má sloužit jako ilustrace možností využití této metody v rámci konceptů automobilů. Data ke studii byla získávána převážně z volně dostupných databází či rešeršně (viz část o získávání dat ke studii), exaktně byla získána jen data o materiálovém zastoupení a složení samotného motoru. Další nepřesnosti vzešly z využívaných databází, kdy jsem vzhledem k využívání demoverze programu SimaPro měl značně omezené možnosti z těchto

databázi čerpat. Proto, i když mám některé data v inventarizaci, nebyla zahrnuta do samotných výpočtů.

4.7.2. Interpretace výstupu z programu SimaPro

Významným zjištěním ve studii je velmi značný podíl provozu motoru na celém životním cyklu, kdy je jak v individualistickém tak hierarchistickém archetypu dominantní. Jeho význam je majoritní, do určité míry se promítá a provazuje s výrobou i odstraněním, kdy mnohem větší význam má výroba (viz Příloha stromy s menším cut-off procentem). Odstranění můžeme naopak téměř zcela, zanedbat, jelikož vzhledem k započítání ruční demontáže jsou vstupy na odstranění minimální.

Dalším zjištěním je rozdíl ve výsledcích dopadů vypočtených v individualistickém a hierarchistickém archetypu, kdy vzhledem k rozdílným preferencím jednotlivých zájmových skupin [40],[48], dochází k rozdílnému výsledku. Důvod rozdílného výsledku v sekci zdroje je důvod opomenutí fosilních paliv při využití individualistického archetypu. Dobře je to patrné při srovnání grafů a tabulek v části charakterizace, kde v individualistické části chybí zcela fosilní paliva.

Celá studie tedy dává jednoznačný výsledek, který poukazuje na značně negativní dopady provozu. Tuto skutečnost by mohlo zvrátit využití určité palivové alternativy, jako jsou biopaliva, vodík či zemní plyn, kdy se podstatně změní emisní skladba, spotřeba a celková environmentální náročnost. Vzhledem k přihlédnutí k zjištění z rešeršní části této práce, však není výsledek jednoznačný, ale rozhodně je to námětem pro další studii.

5. Závěr

V této práci jsem se snažil dle zadání posoudit koncepcce automobilů. Avšak při získávání dat od automobilek jsem se setkal s problémem v podobě „neposkytování“ dat. Data, která nebylo možno získat, byly v podstatě veškeré vstupy a výstupy do výroby. Tato data jsou nezbytná k LCA studii. Z toho důvodu jsem byl nucen získat z volně dostupných databází Českého statistického úřadu a integrovaného registru znečišťování potřebné vstupy a výstupy. Co jsem nenašel zde, získal jsem demontáží motoru Škody Favorit (viz fotografická příloha) a rešeršním způsobem z dostupné literatury. Na základě získaných dat jsem se rozhodl posoudit metodu LCA pouze jeden koncept, kterým byl právě klasický koncept se spalovacím motorem reprezentovaný zde Škodou Favorit. Studie velmi hezky ukázala rozdíly mezi jednotlivými fázemi životního cyklu, kdy jako část s největším dopadem do životního prostředí vyšel provoz. Studie jako taková může posloužit i jako zdroj dat pro studie podobného typu.

V rešeršní části jsem zpracoval průřez z mého pohledu nejperspektivnějšími koncepty dnešní doby. V této části jsem se snažil zaměřit spíše na nepřímé srovnání jednotlivých konceptů. Snažil jsem se poukázat nevýhody a výhody jednotlivých koncepcí. Jako nejperspektivnější se v rámci technologické vyvinutosti jeví elektromobil s baterií, jelikož jeho konstrukce je známa již od roku 1835 (článek). Tedy zde bude do značné míry záležet na vývoji nových akumulátorů a také na způsobu výroby energie. Perspektivně se jeví také plug-in hybridy schopné fungovat i jako čistý elektromobil, či elektromobily s palivovými články. A však i tyto koncepcce jsou stále vyvíjeny a jejich aplikovatelnost v praktickém provozu ukáže až čas.

Dále jsem se věnoval aspektům samotné dopravy, kde jsem se zaměřil na emise, kdy jde názorně vidět v přiloženém grafu pokles emisí z automobilové dopravy, a to zejména díky omlazení autoparku v České republice. Věnoval jsem se zde také fyzikálnímu působení dopravy a záboru půdy. Přiložený graf záboru půdy ukazuje vzestupnou tendenci vzhledem k výstavbě nových dálnic a rychlostních komunikací. V závěru se potom stručně zmiňuji o sociálních aspektech, které jsou nedílnou součástí automobilismu jako takového.

6. Přílohy

6.1. Fotografická příloha – demontáž motoru

Fotografie v této části byly pořízeny autorem práce.



Obrázek 14 - Celý motor před demontáží



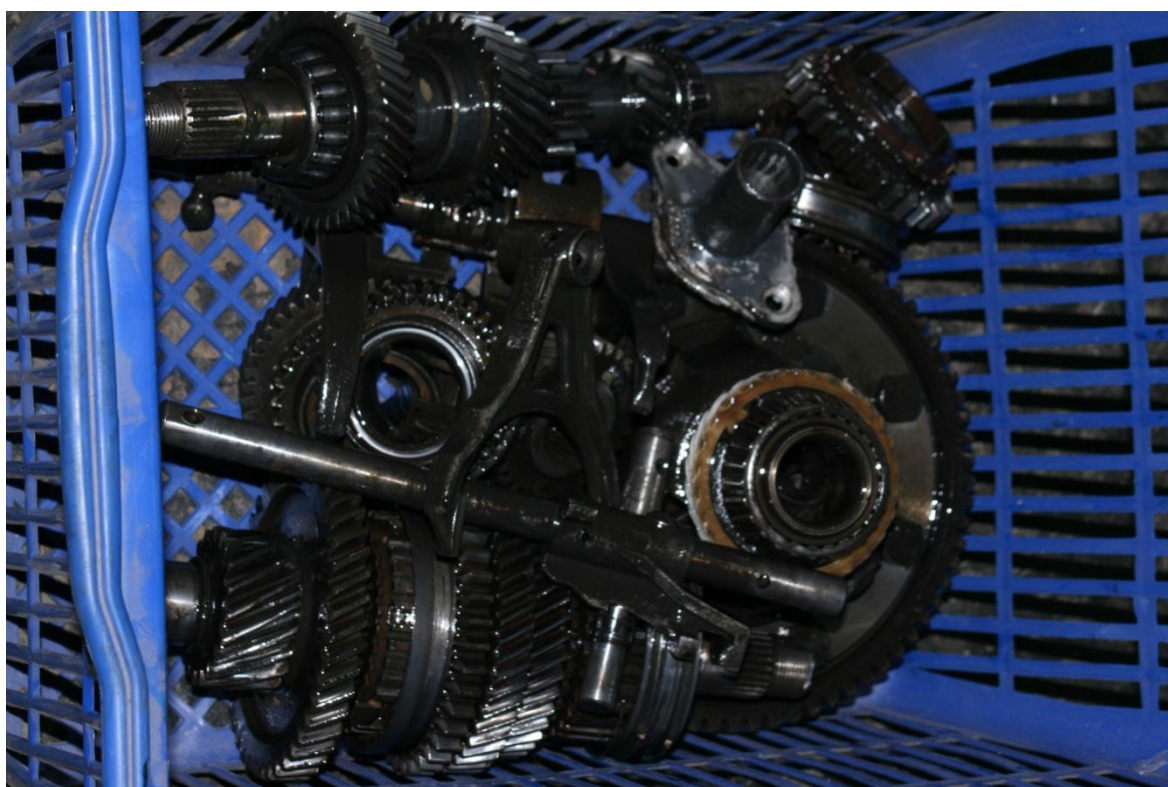
Obrázek 15 - Motor bez převodovky před demontáží



Obrázek 16 - Motor po demontáži hlavy motoru, sání, svodů, pryžových plastových částí



Obrázek 17 - Pohled na válce a písty po demontáži ventilů



Obrázek 18 - Vážení vnitřních převodů převodovky



Obrázek 19 - Vážení bloku motoru



Obrázek 20 - Vážení svodů a tlumičů

6.2. Sít' s nízkým cut-off procentem

Pro názornost a ukázkou komplexnosti celého životního cyklu zde uvádím sít' životního cyklu s nízkým cut-off procentem, jedná se výstup z programu SimaPro. Jsou zobrazeny jako externí přílohy práce z důvodu velikosti.

6.3. Vývojový digram životního cyklu

Jedná se o komplexní vývojový diagram, který mi sloužil jako podklad při získávání dat ke studii. Je zobrazen jako externí příloha práce z důvodu velikosti.

7. Použité zdroje a literatura:

- [1]. LAPČÍK, Vladimír. *Výrobní a environmentální technologie*. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-1960-0.
- [2]. MAŤEJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Havlíčkův Brod : Grada publishing, a.s., 2005. 223 s. ISBN 80-247-0350-5.
- [3]. VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno : fvlk, 2004. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [4]. LAZÁR, Erik, a další. Environmentálna stránka SPŠD Košice. *Environmentálna stránka SPŠD Košice*. [Online] [Citace: 7. duben 2010.] http://www.envirodopke.szm.com/paliva_files/image014.jpg.
- [5]. ŠTĚRBA, Pavel; KŘÍŽICKÝ, Ondřej. *Jak na LPG*. Praha : Computer press, 2002. str. 104 s. ISBN 80-7226-734-5.
- [6]. SOUKUP, Petr. Vše o CNG (1) - Úvod. *Hybrid.cz*. [Online] Chamanne s.r.o., 7. červenec 2009. [Citace: 25. únor 2010.] <http://www.hybrid.cz/clanky/vse-o-cng-1-uvod>.
- [7]. Apetaur, Milan. *Automobilismus v 21. století*. Ústí nad Labem : UJEP Ústí nad Labem, 2002. str. 95 s. ISBN 80-7044-392-8.
- [8]. ZUTEL, Andreas, BORGSCHULTE, Andreas; SCHLAPBACH, Luis. *Hydrogen as a future energy carrier*. Weinheim : Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008. 427 s. ISBN 978-3-527-30817-0.
- [9]. LARMINIE, James; DICKS, Andrew. *Fuel Cell Systems Explained*. Chichester : John Wiley & Sons Ltd., 2003. 433 s. ISBN 0-470-84857-X.
- [10]. HOŘČÍK, Jan. *Hybrid.cz. Hybrid.cz*. [Online] Chamanne s.r.o., 17. září 2009. [Citace: 25. únor 2010.]
- [11]. KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohony automobilů*. Praha : BEN - technická literatura, 2004. 231 s. ISBN 80-7300-127-6.
- [12]. BRADLEY, Thomas H.; FRANK, Andrew A. Design, demonstrations and sustainability impact assessments. *Renewable and Sustainable Energy*. 2009, S. 115–128, 13.
- [13]. ČEZ. ČEZ futur/e/ motion. *ČEZ futur/e/ motion*. [Online] ČEZ, 2010. [Citace: 25. únor 2010.] <http://www.futuremotion.cz/cs/uvod.html>.
- [14]. DVOHAPER & Elektromobil company. ELEKTROMOBILY ELECTROAUTO. *ELEKTROMOBILY ELECTROAUTO*. [Online] DVOHAPER & Elektromobil company, 9.

prosinec 2009. [Citace: 23. březen 2010.]

http://www.electroauto.cz/auta/gm_ev1_pruhleddetail.jpg.

[15]. ZHANG, Ji-Guang, a další. Ambient operation of Li/Air batteries. *Journal of Power Sources*. 2010, 11. ledna 2010.

[16]. HOŘČÍK, Jan. IBM - nové baterie pro elektromobily, dojezd 800 km. *Hybrid.cz*.

[Online] Chamanne s.r.o., 5. Říjen 2009. [Citace: 11. Březen 2010.]

<http://www.hybrid.cz/clanky/ibm-nove-baterie-pro-elektromobily-dojezd-800-km>. 1802-5323.

[17]. ASHTIANI, Cyrus, WRIGHT, Randy; HUNT, Gary. Ultracapacitors for automotive applications. *Journal of Power Sources*. 2006, S. 561-566 , 154.

[18]. YALCINOZA, T.; ALAMA, M.S. Improved dynamic performance of hybrid PEM fuel cells. *JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY*. 2008, S. 1932 – 1940, 33.

[19]. Thammasat university. ICSC : International Cooperation Study Center. *ICSC : International Cooperation Study Center*. [Online] Thammasat Univeristy, 9. březen 2009. [Citace: 26. březen 2010.] http://www.apecthai.org/apec/upload/644hydrogen_car.jpg.

[20]. SZELIGA, Zbyszek. *Základy technologie palivových článků*. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2008. 95 s. ISBN 978-80-248-1671-5.

[21]. LAPČÍK, Vladimír. *Průmyslové technologie a jejich vliv na životní prostředí (monografie)*. Ostrava : VŠB-TUO, 209. 362 s. ISBN 978-80-248-2015-6.

[22]. Concurrent Technologies Corporation. Types of fuel cells. *FCTec Home Page*.

[Online] Concurrent Technologies Corporation, 2010. [Citace: 4. duben 2010.]

http://www.fctec.com/images/fctype_AFC.jpg.

[23]. BURCHARDTA, Trygve, GOUÉRECB, Pascal; SANCHEZ-CORTEZONB,

Emilio. Alkaline fuel cells: contemporary advancement and limitations. *Fuel* 81. 2002, Sv. 2151-2155, 28.březen 2002.

[24]. Concurrent Technologies Corporation. Types of fuel cells. *FCTec Home Page*.

[Online] Concurrent Technologies Corporation, 2010. [Citace: 4. duben 2010.]

http://www.fctec.com/images/fctype_PAFC.jpg.

[25]. Concurrent Technologies Corporation. Types of fuel cells. *FCTec Home Page*.

[Online] Concurrent Technologies Corporation, 2010. [Citace: 4. duben 2010.]

http://www.fctec.com/images/fctype_MCFC.jpg.

[26]. Concurrent Technologies Corporation. Types of fuel cells. *FCTec Home Page*.

[Online] Concurrent Technologies Corporation, 2010. [Citace: 4. duben 2010.]

http://www.fctec.com/images/fctype_SOFC.jpg.

- [27]. NEUBERGOVÁ, Krystýna. *Ekologické aspekty dopravy*. Praha : České vysoké učení technické, 2005. 163 s. ISBN 80-01-003131-4.
- [28]. ADAMEC, Vladimír. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha : Grada, 2008. str. 160 s. ISBN 978-80-247-2156-9.
- [29]. BEDNÁŘ, Jan. Meteorologie. [autor knihy] Jiří Kurfurst. *Kompendium ochrany kvality ovzduší*. Chrudim : Ekomonitor s.r.o., 2008.
- [30]. Český statistický úřad . Dopravní park - časové řady. *Český statistický úřad | ČSÚ*. [Online] Český statistický úřad, 2010. [Citace: 22. březen 2010.] [http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/i/tab_2_silnicni_doprava/\\$File/dopcr063009_2.xls](http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/i/tab_2_silnicni_doprava/$File/dopcr063009_2.xls).
- [31]. Český hydrometeorologický ústav. REZZO 4 2007. *Emisní bilance České republiky*. [Online] Český hydrometeorologický ústav, 2010. [Citace: 22. březen 2010.] <http://www.chmu.cz/uoco/emise/embil/07embil/07r4.html>.
- [32]. TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky*. Praha : Česká geologická služba, 2007. str. 67 s. ISBN 978-80-7075-688-1.
- [33]. ŠKAPA, Petr. *Vliv dopravy na životní prostředí*. Ostrava : Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2000. 126 s. ISBN 80-7078-805-4.
- [34]. Český statistický úřad. Dopravní infrastruktura - časové řady. *Český statistický úřad | ČSÚ*. [Online] 2010. [Citace: 24. Březen 2010.] [http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/i/tab_2_infrastruktura_silnicni_dopravy/\\$File/doicr073109_2.xls](http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/i/tab_2_infrastruktura_silnicni_dopravy/$File/doicr073109_2.xls).
- [35]. HORČÍK, Jan. Hybrid.cz. *Hybrid.cz*. [Online] Chamanne s.r.o, 2. únor 2010. [Citace: 24. únor 2010.] <http://www.hybrid.cz/clanky/skoda-auto-pripravuje-elektromobil-cez-spusti-elektromobilitu>.
- [36]. KELLER, Jan. *Naše cesta do prvoroh, O povaze automobilové kultury*. Praha : Sociologické nakladatelství, 1998. 170 s. ISBN 80-85850-64-8.
- [37]. Český normalizační institut. ČSN EN ISO 14040 - Environmentální management, Posuzování životního cyklu, Zásady a osnova. místo neznámé : Český normalizační institut, 2006.
- [38]. Český normalizační institut. ČSN EN ISO 14 044: Environmentální management, Posuzování životního cyklu, Požadavky a směrnice. místo neznámé : Český normalizační institut, 2006.
- [39]. PRé consultants. PRé Consultants: Life Cycle Assessment consultancy and LCA software tools. *PRé Consultants: Life Cycle consultancy and software solutions*. [Online] PRé consultants, 2010. [Citace: 23. Březen 2010.] <http://www.pre.nl/pre/default.htm>.

- [40]. KOČÍ, Vladimír. *Posuzování životního cyklu*. Chrudim : Ekomonitor spol. s.r.o, 2009. 263 s. ISBN 978-80-86832-42-5.
- [41]. PRé consultants. Fax order form for SimaPro 7.2 professional. *PRé consultants*. [Online] 2010. [Citace: 5. duben 2010.] <http://www.pre.nl/download/forms/SP7OrderForm.pdf>.
- [42]. JELOWIECKI, Jerzy. *Škoda favorit, forman, Pick-up*. Brno : Computer press, 2003. 287 s. ISBN 80-7226-792-2.
- [43]. ČERMÁK, Petr. *Škoda Favorit, Forman, Pick-up úplný popis vozů od počátku do ukončení výroby*. Praha : Grada Publishing, s.r.o, 1995. 387 s. ISBN 80-7169-196-8.
- [44]. Katalog automobilů. Automobil Škoda Favorit 136 50kW. *Katalog automobilů*. [Online] 11. Březen 2010. [Citace: 11. Březen 2010.] <http://katalog-automobilu.cz/img/skoda-favorit-136-50kw-6.jpg>.
- [45]. Český statistický úřad. Spotřeba paliv a energie v ČR . *Český statistický úřad | ČSÚ*. [Online] 9. září 2009. [Citace: 30. březen 2010.] <http://www.czso.cz/csu/2009edicniplan.nsf/p/8101-09>.
- [46]. Ministerstvo životního prostředí. IRZ-integrovaný registr znečišťování-Historie hlášení. *IRZ-integrovaný registr znečišťování*. [Online] [Citace: 30. březen 2010.] <http://www.irz.cz/vyhledavani-v-registru/historie/CZ86757407/2007>.
- [47]. ADAMEC, Vladimír, a další. Znečištění ovzduší z dopravy. *Ochrana ovzduší*. Kompendium ochrany ovzduší, 2005, Sv. část 5.
- [48]. Ministry of housing, spatial planning and the environment. Eco indicator 99 manual for designers. 2000.

8. Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 - Jednotlivé díly přestavby a jejich umístění v automobilu. [4]</i>	16
<i>Obrázek 2 - Schéma sériového hybridu [11]</i>	22
<i>Obrázek 3 - Dvě možnosti konstrukce paralelního hybridu [11]</i>	22
<i>Obrázek 4 - Řešení pohonu u sériově vyráběného elektromobilu GM EV1 [14]</i>	24
<i>Obrázek 5 - Schéma automobilu s palivovým článkem (Původní koncept hony FCX) [19]</i>	29
<i>Obrázek 6 - Schéma palivového článku [21]</i>	30
<i>Obrázek 7 - Schéma alkalického palivového článku [22]</i>	31
<i>Obrázek 8 - Schéma PEM a PAFC článku [24]</i>	32
<i>Obrázek 9 - Schéma MCFC článku [25]</i>	34
<i>Obrázek 10 - Schéma SOFC článku [26]</i>	36
<i>Obrázek 11 - Škoda Favorit v řezu [44]</i>	50
<i>Obrázek 12 - Zapojení jednotlivých procesů do životního cyklu při individualistickém archetypu</i>	57
<i>Obrázek 13 - Zapojení jednotlivých procesů do životního cyklu při hierarchistickém archetypu</i>	57
<i>Obrázek 14 - Celý motor před demontáží</i>	68
<i>Obrázek 15 - Motor bez převodovky před demontáží</i>	69
<i>Obrázek 16 - Motor po demontáži hlavy motoru, sání, svodů, pryžových plastových částí</i>	69
<i>Obrázek 17 - Pohled na válce a písty po demontáži ventilů</i>	70
<i>Obrázek 18 - Vážení vnitřních převodů převodovky</i>	70
<i>Obrázek 19 - Vážení bloku motoru</i>	71
<i>Obrázek 20 - Vážení svodů a tlumičů</i>	71

9. Seznam grafů

<i>Graf 1 - Srovnání energetické hustoty a hmotnosti vybraných zdrojů energie</i>	<i>20</i>
<i>Graf 2 – Vývoj emisí REZZO 4 pro individuální dopravu (data – [31], [27]).....</i>	<i>42</i>
<i>Graf 3 - Vývoj záboru půdy v letech 1995-2007</i>	<i>44</i>
<i>Graf 4 Charakterizace jednotlivých příčin individualistický archetyp [%]</i>	<i>58</i>
<i>Graf 5 - Charakterizace jednotlivých příčin hierarchistický archetyp [%]</i>	<i>58</i>
<i>Graf 6 – Dopady životního cyklu do jednotlivých kategorií dopadu - individualistický archetyp [%]</i>	<i>60</i>
<i>Graf 7 – Dopady životního cyklu do jednotlivých kategorií dopadu - hierarchistický archetyp [%].....</i>	<i>60</i>
<i>Graf 8 – Normalizace individualistického archetypu</i>	<i>61</i>
<i>Graf 9 – Normalizace hierarchistického archetypu</i>	<i>62</i>
<i>Graf 10 – Vážení pro individualistický archetyp</i>	<i>63</i>
<i>Graf 11 – Vážení pro hierarchistický archetyp</i>	<i>63</i>
<i>Graf 12 – Významnost procesů - individuální archetyp</i>	<i>64</i>
<i>Graf 13 - Významnost procesů - hierarchistický archetyp</i>	<i>65</i>

10. Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 - Energetická hustota a hmotnost vybraných zdrojů energie [7].....</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 2 - Srovnání jednotlivých motorů (1-nejhorší 10-nejlepší) [11].....</i>	<i>25</i>
<i>Tabulka 3 - Přehled jednotlivých článků [20]</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 4 - Tabulka srovnání jednotlivých článků [9]</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 5 – podíl dopravy na emisích v ČR [27]</i>	<i>41</i>
<i>Tabulka 6 - Počtu vozidel v české republice během let 2000-2007 [30]</i>	<i>41</i>
<i>Tabulka 7 - Emise z individuální dopravy(data – [31],[27])</i>	<i>41</i>
<i>Tabulka 8 - Emise z individuální dopravy – přepočet na jedno vozidlo(data – [31],[27])..</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 9 – Tabulka délky silnic a přibližného záboru půdy [34]</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 10 - Původ ZL ve vodách [27].....</i>	<i>45</i>
<i>Tabulka 11 - Tabulka relativního nárůstu obtíží vlivem zvýšené expozice hluku [28]</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 12 - Tabulka technický parametrů vozů škoda favorit [42].....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 13 - Zjištěné hmotnosti při rozborce motoru Š-738.135.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 14 - Inventarizační analýza dat k LCA</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 15 – Tabulka dat k charakterizaci individualistického archetypu.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 16 – Tabulka dat k charakterizaci individualistického archetypu.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 17 – Zdrojové data pro graf dopadů - individualistický archetyp.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 18 - Zdrojové data pro graf dopadů - hierarchistický archetyp</i>	<i>61</i>
<i>Tabulka 19 – Zdrojová data normalizace individualistického archetypu</i>	<i>62</i>
<i>Tabulka 20 – Zdrojová data normalizace hierarchistického archetypu.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabulka 21 – Zdrojová data grafu vážení pro individualistický archetyp.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabulka 22 – Zdrojová data grafu vážení pro hierarchistický archetyp</i>	<i>64</i>
<i>Tabulka 23 – Zdrojová data pro graf významnosti procesů – hierarchický archetyp.....</i>	<i>65</i>

11. Seznam použitých zkratk

CNG	- Compressed natural gas (stlačený zemní plyn)
LPG	- Liquified petroleum gas (směs propanu a butanu)
NEL	- Nepochlívající extrahovatelné látky
PAH	- Polycyclic aromatic hydrocarbon (Polycyklické aromatické uhlovodíky)
PM	- Particulate matter (Suspendované částice)
PUA	- Polycyklické aromatické uhlovodíky
REZZO	- Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší
TZL	- Tuhé znečišťující látky
ZEBRA	- Zero emissions battery (baterie s nulovými emisemi – program rozvíjený v USA)
ZL	- obecně znečišťující látka